



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

B 395755

PUERTO RICO
FEDERAL
EXPERIMENT
STATION

BULLETIN

1911-17

no. 10-23

S
181
.E72

THE UNIV.

M



M



M



THE UNIV.

M



M



M



THE UNIV.

M



M



TAT



Hosted by





M



M



M



M



M



M



M



M



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE PUERTO RICO.

D. W. MAY, Agente Especial Encargado.

Mayagüez, Mayo, 1911.

Boletín No. 11.

RELACIÓN ENTRE LOS TERRENOS CALCÁREOS Y LA CLOROSIS DE LA PIÑA.

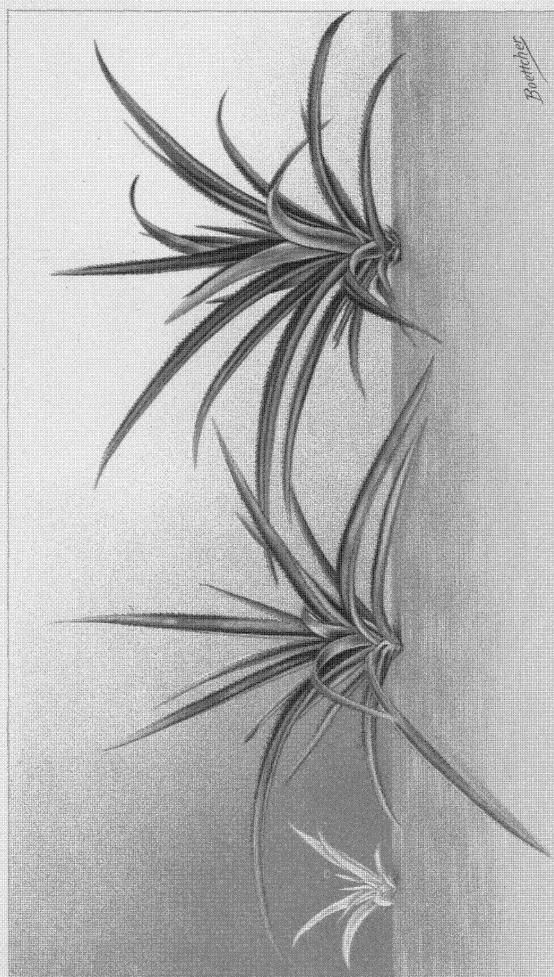
POR

P. L. GILE,

Químico.

BAJO LA DIRECCIÓN DE LA
OFICINA DE ESTACIONES EXPERIMENTALES,
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

WASHINGTON:
IMPRENTA DEL GOBIERNO.
1913.



Boothia
Boothia & Boothia G. P. H. A.

PLANTA NORMAL, VERDE Y DOS PERIODOS DE CLOROSIS

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE PUERTO RICO.

D. W. MAY, Agente Especial Encargado.

Mayagüez, Mayo, 1911.

Boletín No. 11.

RELACIÓN ENTRE LOS TERRENOS
CALCÁREOS Y LA CLOROSIS
DE LA PIÑA.

POR

P. L. GILE,
Químico.

BAJO LA DIRECCIÓN DE LA
OFICINA DE ESTACIONES EXPERIMENTALES,
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

WASHINGTON:
IMPRENTA DEL GOBIERNO.
1913.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE PUERTO RICO.

[Bajo la dirección de A. C. True, Director de la Oficina de Estaciones Experimentales, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.]

WALTER H. EVANS,

Jefe de la División de Estaciones Insulares, Oficina de Estaciones Experimentales.

PERSONAL.

D. W. MAY, *Agente Especial Encargado.*

OSCAR LOEW, *Fisiólogo.*

W. V. TOWER, *Entomólogo.*

P. L. GILE, *Químico.*

G. L. FAWCETT, *Patólogo de Plantas.*

C. F. KINMAN, *Horticultor.*

E. G. RITZMAN, *Ganadero.*

T. B. McCLELLAND, *Horticultor Ayudante.*

C. N. AGETON, *Químico Ayudante.*

W. E. HESS, *Perito Jardinero.*

CARMELO ALEMAR, Hijo, *Taquígrafo.*

[Bull. 11]

(2)

CARTA DE TRASMISIÓN.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE PUERTO RICO,
Mayagüez, P. R., mayo 1, 1911.

SEÑOR: Tengo el honor de remitir con la presente un folleto que trata de la Relación entre los Terrenos Calcáreos y la Clorosis de la Piña. Dado el gran incremento en la importancia de este cultivo en Puerto Rico, cualquiera investigación tendente á mejorarlo resulta oportuna. El número de fracasos que han ocurrido en la explotación de terrenos que parecían bien adaptados al cultivo de la piña dan valor á los resultados que en este folleto se consignan toda vez que brinda una explicación de la causa de estos fracasos y sugiere los medios de evitar en lo sucesivo grandes pérdidas.

Recomiendo respetuosamente se publique este folleto como Boletín No. 11 de esta estación en inglés y en español.

Respetuosamente,

D. W. MAY,
Agente Especial Encargado.

Dr. A. C. TRUE,

*Director de la Oficina de Estaciones Experimentales,
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos,*

Wáshington, D. C.

Recomendada la publicación.

A. C. TRUE, *Director.*

Autorizada la publicación.

JAMES WILSON, *Secretario de Agricultura.*

[Bull. 11]

(3)

ÍNDICE.

	Página.
Introducción.....	7
Narración de las siembras hechas en terrenos impropios.....	7
Aspecto de las plantas en terrenos impropios.....	8
Investigaciones preliminares.....	8
Investigaciones sobre los terrenos dedicados al cultivo de la piña.....	10
Reconocimiento químico de los terrenos utilizados en el cultivo de la piña en Puerto Rico.....	10
Terrenos dedicados al cultivo de la piña en otros países.....	21
Experimentos hechos con diferentes clases de terrenos colocados en tiestos..	23
Experimentos con plantas cultivadas en pequeñas parcelas.....	31
Conclusiones sobre las investigaciones del suelo.....	32
Investigaciones sobre la clorosis.....	34
Trabajos previos sobre la clorosis producida por el calcio.....	34
Efecto de la alcalinidad del terreno y de la cal asimilable en la producción de la clorosis.....	36
Tratamiento de plantas cloróticas con hierro y otras sales.....	38
Contenido de cenizas en las hojas verdes y las cloróticas.....	40
Enzimas en las hojas verdes y cloróticas.....	46
Efecto de la luz en la clorosis.....	49
Conclusiones que se derivan de las investigaciones acerca de la clorosis....	50
Resumen.....	52
Gratitud.....	53

GRABADOS.

	Página.
GRABADO I. Planta normal verde y dos períodos de clorosis.....	Frontispicio.
II. Fig. 1.—Efecto del carbonato de cal en el desarrollo de la piña.	
Fig. 2.—Efecto del sulfato de hierro en plantas de piñas cloróticas.	28
[Bull. 11]	

RELACIÓN ENTRE LOS TERRENOS CALCÁREOS Y LA CLOROSIS DE LA PIÑA.

INTRODUCCIÓN.

NARRACIÓN DE LAS SIEMBRAS HECHAS EN TERRENOS IMPROPIOS.

El cultivo de la piña en escala comercial es industria que aunque relativamente nueva en Puerto Rico va progresando rápidamente. Á medida que se dedica más terreno á la siembra de esta fruta se hace más evidente el hecho de que no todos los terrenos sueltos y de buen drenaje se adaptan á dicho cultivo. En ciertos terrenos bien drenados y de buenas condiciones físicas la siembra de piñas ha resultado desastrosa. El fracaso de estas siembras ha sido acompañado de un "blanqueo" particular ó clorosis¹ de las plantas, en algunos casos tan completo, que las hojas apenas contenían rastros de clorofila.

Se practicó la investigación, cuyo resultado se consigna más adelante, á fin de averiguar la causa de la clorosis y el fracaso de la piña en estos terrenos.

Fué en Rincón, P. R.; donde por primera vez, en el año 1904, observó el Sr. H. C. Henricksen este descolorimiento raro en las plantas sembradas en terrenos bien drenados, y se describió el caso en el informe de esta estación correspondiente al año 1905, del modo siguiente:²

En el otoño de 1903 se sembraron en Rincón 2 cuerdas, aproximadamente, de la clase de piña llamada Cabezona. Se dió parte de que estaban enfermas las plantas y á solicitud del dueño se inspeccionó el plantío en abril de 1904. Se notó que las plantas eran de tamaño normal pero el color de las hojas tiraba entre rojo pálido y blanco cera, careciendo por completo de clorofila un 50 por ciento de ellas, menos del 15 por ciento eran verdes y las demás estaban rojas, verdes y blancas mezcladas. La parcela de referencia, aunque situada cerca de la playa, no recibía daño alguno por los efectos del agua salada. El terreno, que era arena de mar, había sido recientemente

¹ La clorosis (conocida á veces por "icterus," "blanqueo," ó "Gelbsucht") es el nombre que se le da á la condición de las plantas cuando sus hojas no desarrollan la cantidad normal de clorofila, ó sea la materia colorante verde, v. g., cuando las hojas son amarillentas ó blanquecinas en lugar de un verde normal. La clorosis, pues, no denota una enfermedad específica y si meramente un estado ó condición general. No obstante la condición de clorosis es el resultado ó signo externo de una enfermedad ó perturbación de orden fisiológico en la planta. Al decir que una planta está "clorótica" ó afectada de clorosis sólo significa que sus hojas carecen de clorofila aunque ésta, la clorosis, pudo haber resultado de una enfermedad bacteriológica, drenaje imperfecto, falta de alimento ó otra causa cualquiera.

² Estación Expt. Agr. de P. R., Informe de 1905, página 30.

despojado de su vegetación natural, la cual consistía en su mayor parte de palmas de coco, uvas marítimas, hicacos, algunos árboles de naranjas agrias y otras plantas que por lo regular se dan en los Trópicos á orillas del mar.

Desde que se registró este caso se han notado otros numerosos de piñas de la misma apariencia. En dos predios, cada uno de 10 cuerdas más ó menos, las plantas se pusieron casi uniformemente de un blanco amarillento y al fin sucumbieron. Cerca de un 60 por ciento de las matas de otra parcela de 10 cuerdas se hallan afectadas actualmente de igual modo. Se perdieron varias siembras de una y dos cuerdas que demostraron los mismos síntomas y se han notado en varias plantaciones numerosos casos de algunos centenares de plantas afectadas de esta clase especial de clorosis.

Los sitios donde se hallaron las plantas cloróticas no se limitaban á ningún distrito determinado de la isla ni tampoco á un tipo físico especial de terreno.

ASPECTO DE LAS PLANTAS EN TERRENOS IMPROPIOS.

Varió un tanto en los distintos casos la extensión del padecimiento en las plantas y la edad de las mismas al empezar el blanqueo. En algunos lugares muchas de ellas llegaron á adquirir un color blanco marfil sin tener aparentemente el menor vestigio de clorofila; luego aparecieron en las hojas unas manchas parduzcas y las plantas al fin se pudrieron. En otros casos se pusieron las hojas de un blanco amarillento con rayas rojas y pequeños lunares verdes. Á veces se quedaron las hojas exteriores verdes pálidas mientras que las nuevas del centro de un blanco crema. Se dieron casos en que por espacio de varios meses conservaron las hojas un color casi normal, luego aparecían gradualmente lunares claros que asumían un color veteado, blanqueándose las hojas finalmente hasta que á los 14 ó 15 meses llegaban á un amarillo verdoso uniforme. La carencia de clorofila, ó sea la clorosis, era generalmente muy pronunciada al llegar la planta á la edad de 9 meses, aunque hubo casos de manifestarse á los 3 ó 4 y otras veces de no hacerlo hasta los 15 ó 16 meses.

Las raíces de las plantas cloróticas no daban señal de enfermedad alguna. Sólo se diferenciaban de las normales en ser más largas y menos gruesas, pareciendo, más bien, raíces de plantas faltas de alimentación. No obstante, las plantas que por algún tiempo habían padecido de clorosis, tenían muchas raíces muertas pero aquellas que desempeñaban sus funciones parecían estar en perfecta salud y, al ser sometidas á un examen patológico, no demostraron estar atacadas de enfermedad alguna producida por bacterias ú hongos.

INVESTIGACIONES PRELIMINARES.

En vista de que los primeros casos de clorosis se registraron en plantaciones situadas cerca del mar, creyeron algunos que este mal

era causado por el agua salada que el viento depositaba en las plantas. Pero pudo comprobarse que esta hipótesis era falsa puesto que en algunas plantaciones situadas á menos de 100 yardas del mar las plantas se mantenían perfectamente verdes y saludables y en cambio se observaron luego casos de clorosis bien definida en plantíos situados á algunas millas de la costa. Además de esto, plantas regadas con gran cantidad de agua del mar durante cuatro días consecutivos no dieron señales de malestar alguno.

Se creyó también que la clorosis podría atribuirse á la falta de aeración en las raíces á causa de un drenaje inadecuado. En ciertos sitios en que había casos de clorosis el drenaje era insuficiente y en los sitios en que éste era más incompleto la clorosis se mostraba en su forma más aguda. En otros sitios, sin embargo, plantas sembradas en terrenos sueltos, arenosos, y de perfecto drenaje, fueron atacadas de clorosis muy intensa. Se comprendió entonces que aunque el mal aumentaba á falta de buen drenaje, el drenaje defectuoso no era la causa primaria de la enfermedad.

La existencia de parcelas con plantas cloróticas en medio de plantíos en su mayor parte verdes y vigorosos hizo pensar en que la causa probable de todo era una enfermedad producida por bacterias. Pero las investigaciones del patólogo no descubrieron ningún mal que fuera originado por bacterias ú hongos. El hecho de que las plantas cloróticas trasplantadas á suelos de distintas clases volvieran en todos los casos á su estado normal, era también un argumento contra esta hipótesis. Se colocaron en tiestos varias plantas cloróticas y tierras de tres diferentes fincas. Las plantas cloróticas que continuaron en el mismo terreno en que antes se hallaban no sufrieron cambio alguno, mientras que las colocadas en arena de río en breve tiempo se tornaron verdes y saludables. Además, después de haberse dado principio á estas investigaciones, se trasplantaron seis cuerdas de plantas cloróticas á otro terreno de clase diferente. Al mes ó dos volvieron á su primitivo color verde y, en el año transcurrido después del trasplante, ni en una sola planta se desarrolló la clorosis. Si las plantas hubiesen estado infestadas con bacterias ú hongos difícilmente hubieran podido alcanzar ese restablecimiento tan uniforme al ser trasplantadas á terrenos diferentes pero de carácter físico semejante.

En 1904 y 1908 llevó á cabo el horticultor varios experimentos con abonos comerciales y estiércol de cuadra en dos de los plantíos donde la clorosis estaba perfectamente definida, con el fin de ver si la causa del mal era la falta de nutrición.

Como resultado de los experimentos quedó demostrado que, aun cuando los abonos completos causaban cierta ligera mejoría en las plantas, eran ellos de muy poco efecto. El estiércol de cuadra produjo una mejora algo mayor que la causada por los abonos comerciales.

Siendo así aparentemente imposible que la clorosis se debiera á una enfermedad, falta de nutrición, drenaje defectuoso ó á los efectos del agua salada, se creyó entonces que la verdadera causa consistía en que las condiciones químicas del terreno no eran apropiadas. En vista de esto, se tomaron muestras de tierra de todas las zonas donde existían casos de clorosis y de predios adyacentes donde las piñas crecían bien. Hubo casos de encontrarse pedazos de algunos centenares de matas cloróticas en medio de varias cuerdas de plantas verdes y saludables. De aquí se presumía que si la causa del mal estribaba en las condiciones químicas del terreno, tenía que resultar alguna diferencia entre el análisis del suelo que producía plantas sanas y el que producía plantas enfermas. En adición á estos análisis comparativos se hicieron también análisis de la mayor parte de los terrenos bien drenados donde las piñas se daban perfectamente bien. Se creyó que si los terrenos que producían plantas cloróticas daban una composición química distinta á la de parcelas adyacentes con plantas saludables, y que si ninguna de las tierras buenas para piñas resultaban poseer las mismas características que las áreas atacadas, entonces se pondría en claro la causa específica de la enfermedad.

INVESTIGACIONES SOBRE LOS TERRENOS DEDICADOS AL CULTIVO DE LA PIÑA.

RECONOCIMIENTO QUÍMICO DE LOS TERRENOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE LA PIÑA EN PUERTO RICO.

Se consignan por separado más adelante los casos en que fueron halladas piñas cloróticas, haciendo constar en todos ellos el análisis del suelo así como también el de los predios adyacentes donde crecen bien las piñas.

Las muestras para análisis fueron tomadas de las primeras 8 pulgadas de tierra, toda vez que es ahí donde generalmente se encuentran todas las raíces de la piña. Los análisis se hicieron por medio de digestión con ácido clorídrico, de una gravedad específica de 1.115, de acuerdo con los métodos oficiales empleados por la Asociación de Químicos Agrónomos Oficiales. Se determinó por medio de absorción el bióxido carbónico, sirviendo esto como base para calcular el tanto por ciento de carbonato de calcio. Este proceso no da como resultado la cantidad exacta de cal que se halla presente en forma de carbonato, ya que no indica la diferencia entre los carbonatos de calcio y magnesio. No obstante, es bastante eficaz el método en cuanto el fin deseado. Desde luego, en la digestión ácida fueron determinados con exactitud los óxidos de cal y de magnesio.

Todas las siguientes muestras fueron sometidas á prueba para averiguar si contenían sales y cloruros alcalinos solubles en agua, sin hallar ningunos. La reacción alcalina de ciertos suelos se debe á la presencia de carbonatos de calcio y de magnesio.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO I.

Plantación (Isla Verde) del Sr. Noble, situada á 5 millas, aproximadamente, al este de Santurce, P. R. Aquí habían 10 cuerdas de piñas españolas rojas sembradas en arena suelta de color gris, bien drenada y distante unas centenares de yardas del mar. La vegetación de los alrededores consistía de hicacos, Santa María, roble, plantas leguminosas y matorrales. Con la excepción de una siembra de 2 cuerdas situadas en un rincón del predio y unas cuantas plantas esparcidas entre el resto de la plantación, todas las piñas á los 9 ó 10 meses se volvieron cloróticas. Más tarde perdieron el color las pocas plantas esparcidas, pero las que formaban parte de las 2 cuerdas conservaron el color verde hasta que produjeron su fruta, dando una cosecha de los tamaños 18, 24, y 36 (en caja) á razón de 300 cajas por cuerda. Se abonaron las plantas en distintas ocasiones con abono completo para piñas.

Al año de sembradas fueron trasplantadas á terreno arenoso rojizo de textura más fina que el anterior y á un cuarto de milla más al interior unas 6 cuerdas de plantas cloróticas que al poco tiempo recobraron su color verde normal y han seguido creciendo sin dar señal alguna de clorosis.

Se consignan más adelante los análisis del terreno. Las muestras 101 y 102 se tomaron en los sitios donde las plantas se volvieron cloróticas. El No. 79 es el subsuelo debajo de plantas cloróticas. El No. 132 fué recogido en el rincón del predio donde se presentó la clorosis. El No. 152 es una muestra del predio al cual se trasplantaron las plantas y en donde tuvieron una convalecencia total.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 79 (plantas cloróticas).	No. 101 (plantas cloróticas).	No. 102 (plantas cloróticas).	No. 132 (plantas sanas).	No. 152 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	54.04	56.85	56.69	.....	89.76
Potasa (K_2O).....	.06	.03	.03	.....	.08
Cal (CaO).....	22.27	20.40	19.54	.....	.15
Magnesia (MgO).....	2.01	.78	.86	.....	.77
Óxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	.79	2.06	2.12	.....	5.70
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.04	.05	.06	.....	.03
Materia volátil.....	20.79	19.87	21.23	.....	3.16
Total.....	100.00	100.04	100.53	.....	99.65
Nitrógeno (N).....	.02	.12	.22	.....	.06
Humedad.....	1.37	4.01	4.42	.....	.43
Bióxido carbónico (CO_2).....	.....	14.88	14.14	Rastros.	Rastros.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	.....	33.85	32.17	...id.....	...id.....
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Neutra.

Se ve por estos análisis que los terrenos donde las plantas se pusieron cloróticas contienen gran cantidad de carbonato de cal; que el suelo donde quedaron sanas las plantas contiene rastros de esta sustancia, y que el suelo donde las plantas recobraron la salud sólo contiene muy poca cal y ningún carbonato de cal.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO II.

Plantación de Bird Hnos., en Luquillo. Esta siembra constaba de unas 10 cuerdas 6 más de piñas españolas rojas en tierra suelta y arenosa distante unas centenares de yardas del mar. Las piñas estaban sembradas entre palmas de coco. El terreno era de buena condición física pero tan bajo era el nivel de la tierra que resultaba el drenaje muy inadecuado. Después de lluvias copiosas se encontraba agua estancada á una profundidad de 12 pulgadas.

La clorosis en este sitio fué más marcada que en cualquiera otra plantación. Á los 6 ú 8 meses todas las plantas adquirieron un color blanco cera. Á los 18 meses habían muerto muchas de ellas, la mayor parte de las restantes eran incoloras, mientras que unas pocas se quedaron de un verde claro con hojas largas y espigadas. Se hallaron una docena aproximadamente de plantas con frutas muy pequeñas. En ninguna parte de este plantío halláronse plantas vigorosas. Los análisis de muestras de tierra recogidas en distintos sitios del plantío se consignan á continuación:

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña (plantas cloróticas).

Componentes y reacciones del suelo.	No. 163.	No. 191.	No. 194.
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	7.84	3.53	3.13
Potasa (K_2O).....	.19		
Cal (CaO).....	44.73	43.49	42.94
Magnesia (MgO).....	2.26	1.43	5.78
Óxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	3.16	4.71	3.08
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.16	.17	.20
Materia volátil.....	42.25	45.87	44.29
Total.....	100.59		
Nitrógeno (N).....	.20	.19	.27
Humedad.....	1.78	1.70	1.90
Bióxido carbónico (CO_2).....	35.03	33.55	35.06
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	79.70	76.33	79.76
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Estos terrenos se componen de arena coralina producida sin duda por la acción de las olas sobre los arrecifes. Se notará que aunque bastante ricos en nitrógeno, potasa y ácido fosfórico, son excesivamente calcáreos como los suelos malos en el Apartado I. Sin embargo, el mal en este caso lo agravaba un drenaje defectuoso.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO III.

Plantación del Sr. Mathews, en Rincón, P. R. Este es el plantío que se describe en la página 7 de este boletín. El que escribe visitó dicho plantío en el año 1910. Hacía ya algunos años que se habían removido las plantas; no obstante, fueron halladas unas cuantas de tamaño regular aunque casi incoloras. Cerca de estas se tomó una muestra de tierra que aparece con el No. 224.

[Bull. 11]

Crecían en las inmediaciones seis ó siete plantas de la clase nativa conocida por Caraqueña. Dos de éstas eran muy pequeñas y casi de un blanco níveo, las demás de tamaño regular con hojas angostas y de un verde muy claro. La muestra de la tierra recogida cerca de las raíces de estas plantas lleva el No. 225.

Á un cuarto de milla más adelante había un pequeño plantío de unas cien Cabezonas y Caraqueñas. Todas las plantas eran de tamaño pequeño y de color amarillo verdoso claro ó blanco amarilloso. Algunas de ellas tenían frutas raquílicas. La tierra recogida en este sitio se designa con el No. 226. El terreno en estos tres casos era de la misma índole, esto es, arena de mar tosca y bien drenada, conteniendo cantidad regular de materia orgánica. Aquí parecían prosperar las palmas de coco, los chinos y los gandules.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña (plantas cloróticas).

Componentes y reacciones del suelo.	No. 224.	No. 225.	No. 226.
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	70.15	67.63	75.36
Potasa (K_2O).....	.09	.09	.09
Cal (CaO).....	11.77	12.40	8.28
Magnesia (MgO).....	.36	1.07	.27
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	4.06	4.52	5.20
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.09	.16	.12
Materia volátil.....	12.95	13.29	10.80
Total.....	99.47	99.16	100.12
Nitrógeno (N).....	.09	.10	.16
Humedad.....	.69	.76	1.00
Bióxido carbónico (CO_2).....	7.93	9.57	6.29
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	18.04	21.77	14.31
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Estos terrenos son algo más ricos en potasa y ácido fosfórico que los descritos en el Apartado I. Aunque contienen menos cal, sin embargo, han de considerarse altamente calcáreos.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO IV.

Propiedad del Sr. William Gay, en Dorado, P. R. En este predio había sembradas en terreno arenoso cerca del mar unas 2 cuerdas de piñas españolas rojas. Dicho terreno era de buena condición física y contenía cantidad considerable de materia orgánica, pero de nivel tan bajo que en la época de fuertes lluvias se encontraba agua á pocas pulgadas. Las plantas en su mayor parte crecían bastante bien, pero daba señales de clorosis característica una franja de terreno de unas 10 yardas de ancho que cruzaba el plantío transversalmente, teniendo las matas hojas de color blanco marfil con lunarcitos verdes. Habíase abonado la siembra con estiércol de cuadra. Prosperaban admirablemente bien en este predio las frutas citrosas y los gandules. La muestra No. 148 corresponde á la tierra donde crecían las piñas sanas y la No. 149 á una siembra de plantas cloróticas. Dicha

muestras fueron tomadas por un empleado de la estación. La muestra No. 154 es otro ejemplar del terreno malo y la No. 155 corresponde al ejemplar de tierra buena enviada por el Sr. Gay. Se tomaron las muestras del terreno bueno y del malo á muy pocas yardas una de otra.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 148 (plantas sanas).	No. 149 (plantas cloróticas).	No. 154 (plantas cloróticas).	No. 155 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	93.28	44.02	63.19	93.17
Potasa (K_2O).....	.07	.04	.32	.22
Cal (CaO).....	1.92	22.19	16.02	1.00
Magnesia (MgO).....	.14	2.50	1.58	.37
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	.51	2.31	1.59	.91
Acido fosfórico (P_2O_5).....	.04	.09	.07	.02
Materia volátil.....	4.12	27.84	18.16	3.51
Total.....	100.08	98.99	100.93	99.20
Nitrógeno (N).....	.08	.30	.22	.11
Humedad.....	.58	.27	3.30	1.07
Bióxido carbónico (CO_2).....	.50	16.96	10.69	.09
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	1.14	38.56	24.32	.20
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Se ve que el No. 149 es, en un todo, terreno más rico en alimento planta que el No. 148; pero aquí tenemos otra vez que la tierra mala es altamente calcárea, mientras que la buena contiene poco carbonato de calcio. Existe la misma diferencia entre el No. 154 y el No. 155. Es evidente que el carbonato de calcio que se halla en el suelo malo tuvo su origen en coral disgregado.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO V.

Propiedad del Sr. Pizá, Dorado, P. R. Esta plantación constaba de unas 30 cuerdas de piñas españolas rojas. Crecían la mayoría de las plantas en una arena blanca de sílice casi puro y las demás en arcilla colorada cuya dureza variaba. Existían solamente dos áreas pequeñas de plantas cloróticas. Crecían éstas en marga bastante recia sobre una colina cerca de la orilla del mar. En un sitio había tres plantitas de color casi blanco marfil. Las rodeaban plantas grandes y vigorosas de color verde oscuro. Fué recogida la muestra 197 alrededor de las raíces de las plantas blancas. En este sitio, sin embargo, sólo tenía la capa vegetal una profundidad de 3 pulgadas y las raíces de las plantas descansaban sobre la superficie de la roca coralina pues había en la tierra numerosos nódulos de coral. Se recogió la muestra 198 en una área de plantas excepcionalmente vigorosas y distante de la primera unas 10 yardas. Á las 100 yardas más adelante existía otro grupo de 50 plantas descoloridas. El

[Bull. 11]

terreno, del cual es muestra el No. 199, contenía muchas partículas de coral, pero su profundidad era de más de 2 pies. El No. 200 se recogió en medio de plantas vigorosas distantes del No. 199 unas 15 yardas. En este sitio el terreno no contenía partículas de coral. El 25 por ciento de la muestra 197, el 4 por ciento de la 198 y el 40 por ciento de la 199, no pasaban por un tamiz de $\frac{1}{4}$ milímetro. Este residuo, que no se incluye en el análisis, constaba de partículas de coral, v. g., carbonato de calcio. En su consecuencia, el terreno en estos tres casos deberá justipreciarse como que contiene mayor cantidad de carbonato de calcio de la que consta en los análisis.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 197 (plantas cloróticas).	No. 198 (plantas sanas).	No. 199 (plantas cloróticas).	No. 200 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	73.91	83.08	79.43	81.74
Potasa (K_2O).....	.20	.24	.24	.24
Cal (CaO).....	5.17	1.44	3.41	1.50
Magnesia (MgO).....	Rastros.	.42	.38	.25
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	9.24	6.03	6.66	9.61
Acido fosfórico (P_2O_5).....	1.13	.09	.08	.08
Materia volátil.....	11.65	8.71	8.93	6.50
Total.....	101.30	100.01	99.13	99.92
Nitrógeno (N).....	.40	.29	.22	.18
Humedad.....	3.32	4.10	3.34	3.30
Bióxido carbónico (CO_2).....	2.03	.00	2.22	Rastros.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	4.62	.00	5.05	Rastros.
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Resulta otra vez que la diferencia entre los terrenos buenos y los malos, tan inmediatos los unos de los otros, estriba en la cantidad de carbonato de calcio.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO VI.

Plantación de Arturo S. Jimenez (Plantaje del Río), 3 millas aproximadamente al oeste de Bayamón. De 2 cuerdas, más ó menos, de piñas españolas rojas sembradas en este lugar perdieron el color un 90 por ciento en 12 meses. Á los 6 meses después se descolorearon el 10 por ciento restantes y se arrancaron las plantas. El plantío se hallaba distante á una milla ó más del mar en terreno suelto y arenoso que contenía muchas partículas de conchas y en el que se daban muy bien maíz del país y guineos. Antes de sembrar las piñas se había recogido una buena cosecha de tabaco en este predio. Las muestras 183 y 185 fueron tomadas por el que escribe en dos sitios distintos dentro del predio. La No. 156, procedente del mismo terreno, por un agricultor vecino, y la No. 157, de un plantío sano cercano, por el dueño de este.

[Bull. 11]

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 183 (plantas cloróticas).	No. 185 (plantas cloróticas).	No. 156 (plantas cloróticas).	No. 157 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	70.26	73.07	67.15	82.13
Potasa (K_2O).....	.13	.12	.....	.10
Cal (CaO).....	10.47	8.27	11.42	2.01
Magnesia (MgO).....	.74	1.12	1.17	.21
Óxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	7.58	7.42	9.57	8.77
Acido fosfórico (P_2O_5).....	.18	.21	.07	.29
Materia volátil.....	11.35	10.18	12.41	7.33
Total.....	100.71	100.39	.....	100.84
Nitrógeno (N).....	.11	.11	.16	.21
Humedad.....	4.60	1.89	1.95	5.44
Bióxido carbónico (CO_2).....	7.15	5.18	6.66	Ninguno.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	16.27	11.78	15.15	.....
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Los tres terrenos que producen plantas cloróticas son muy parecidos á los del Apartado III y son muy calcáreos, mientras que el suelo bueno (No. 157) difiere tan sólo en la carencia de carbonato de calcio.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO VII.

Plantación de la Golden Fruit Co. á unas 3 millas de Bayamón. En varias ocasiones se sembraron unas 40 cuerdas de piñas españolas rojas. La mitad, aproximadamente, de la siembra produjo plantas admirablemente grandes que dieron una cosecha de frutas de gran tamaño. Fueron fertilizadas la mayor parte de las plantas con abono comercial completo y unas pocas con estiércol de cuadra. El terreno de estas piezas era marga arenosa y suelta, conteniendo gran cantidad de materia orgánica, y está representado por las muestras 186 y 187.

Otro plantío de unas 20 cuerdas fué sembrado en el otoño de 1909. Al año después cerca del 50 por ciento de las plantas habían perdido la mayor parte de su color verde y muchas de ellas habían muerto. El 50 por ciento que no sufrieron eran de color verde oscuro normal y se encontraban en grupos irregulares por toda la siembra. Era en este caso el terreno arena suelta que en algunos sitios contenía muchas partículas de conchas. La muestra 229 se tomó entre un grupo de plantas descoloridas y la 230 en una área á pocas yardas distante donde las plantas estaban verdes. Se notó que donde quiera que el predio contenía muchas partículas de conchas las plantas estaban cloróticas y donde no existían estas partículas, estaban verdes. También se hizo un exámen de la tierra en varios sitios con ácido y donde quiera que existían plantas cloróticas la efervescencia que resultaba demostraba la presencia de carbonato de calcio, mientras que donde crecían las plantas verdes el ácido no producía efervescencia.

[Bull. 11]

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 231 (plantas cloróticas).	No. 186 (plantas sanas).	No. 187 (plantas sanas).	No. 229 (plantas cloróticas).	No. 230 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	79.54	79.01	83.37	80.97	81.12
Potasa (K_2O).....		.12	.10	.16	.17
Cal (CaO).....	2.45	4.25	.97	3.57	1.36
Magnesia (MgO).....	Rastros.	.17	Rastros.	.77	Rastros.
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	9.20	9.50	7.44	8.24	11.56
Acido fosfórico (P_2O_5).....	.17	.12	.09	.11	.13
Materia volátil.....	7.85	7.42	7.19	6.53	6.48
Total		100.59	99.16	100.35	100.82
Nitrógeno (N).....	.20	.20	.20	.14	.19
Humedad.....	2.30	1.93	5.77	1.45	2.27
Bióxido carbónico (CO_2).....	.82	.24	.00	1.50	Ninguno.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	1.86	.57	.00	3.41	id.
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

El suelo No. 186 que produce plantas hermosas contiene mucha cal pero poco carbonato de cal. El No. 187, un buen terreno, no contiene carbonato de cal. El No. 230, bueno también, no contiene carbonato de cal mientras que los Nos. 229 y 231, los terrenos malos, contienen mucho carbonato de cal.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO VIII.

Plantación de Sucesores de Frontera, al norte de la playa de Mayagüez. En un cocal cerca de la orilla del mar se sembraron 2 cuerdas de piñas cabezonas.

El terreno era arena suelta y tan bajo que el drenaje resultaba inadecuado. Cerca del 30 por ciento de las plantas adquirieron su completo desarrollo y dieron fruto. Las hojas de estas plantas eran verdes pero angostas y espigosas. Muchas de las demás plantas murieron ó tenían las hojas de un verde claro, ó amarillo; había pocas plantas de un color blanco marfil. Siendo defectuoso el drenaje y las plantas no bien cuidadas, no pudo derivarse de este solo caso una conclusión exacta. El No. 233 es una muestra recogida en este predio.

Á la parte sur de la bahía de Mayagüez hay numerosas siembras de piñas españolas rojas y cabezonas, cultivadas en predios de 2 y 4 cuerdas. Entre éstas no se hallaron plantas cloróticas. Teniendo en cuenta que á la mayor parte de estas siembras no se les abona, las plantas se han dado bastante bien. El terreno es arenoso pero de carácter y origen distintos al que está del lado opuesto de la bahía. Es muestra de estos terrenos el No. 232. El terreno al sur es aparentemente un depósito muy viejo de aluvión que no contiene carbonato de calcio, mientras que en la playa opuesta, donde se hallaron las plantas cloróticas, el terreno contiene muchas partículas de coral y de conchas y ha sido recientemente formado por el mar.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 232 (plantas sanas).	No. 233 (plantas cloróticas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	63.40	77.64
Potasa (K_2O).....	.09	.10
Cal (CaO).....	2.44	5.00
Magnesia (MgO).....	5.67	Rastros.
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	18.86	8.05
Acido fosfórico (P_2O_5).....	.09	.15
Materia volátil.....	7.11	8.45
Total.....	97.66	99.39
Nitrógeno (N).....	.06	.12
Humedad.....	1.59	9.95
Bióxido carbónico (CO_2).....	Ninguno.	1.45
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	id.	3.30
Reacción al tornasol.....	Neutra.	Alcalina.

Tenemos aquí otra vez que carece de carbonato de calcio el buen terreno mientras que el malo es calcáreo y mal drenado.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO IX.

Cerca del camino entre Río Piedras y Carolina hay varios grupos de piñas que dan señales de clorosis característica. Estos lunares varían en tamaño entre una cuerda y 200 plantas y ocurren en cuatro plantaciones distintas. Como son análogos se les tomará en cuenta en conjunto. El terreno á los dos lados del camino es en su mayor parte arena silícea muy propia para piñas, como lo demuestra la gran extensión de las siembras y el éxito uniforme de los cultivos.

No obstante, se notaron en las inmediaciones próximas al borde del camino grupos de plantas amarillas y blancas. El terreno en estos sitios al ser tratado con ácido hirvió fuertemente, demostrando la presencia de mucho carbonato de cal. No dió efervescencia el terreno en las inmediaciones donde crecían las plantas sanas. Se practicaron muchos exámenes en distintos sitios en los diferentes predios donde crecían las plantas sanas sin que en ningún caso fuera hallado carbonato de cal.

El camino, á cuyo lado están situadas estas plantaciones, es de piedra calcárea. Al construirlo y mantenerlo en buen estado se amontonaba y trituraba á su borde la piedra calcárea y de este modo fué incorporado en el suelo mucho carbonato de calcio. Es de presumirse, pues, que fuese este el origen de semejantes pequeñas áreas de tierra calcárea como las que se hallan en la arena silícea.

[Bull. 11]

En el kilómetro 9 los Srs. De Sola y Wolff tienen una cuerda, aproximadamente de plantas cloróticas. Fueron tomadas las muestras 204 y 205 en la área de plantas descoloridas y las 207 y 208 en los predios adyacentes donde estaban verdes las plantas. Las matas en la área clorótica están expuestas al efecto de mayor cantidad de carbonato de cal del que consta del análisis del suelo toda vez que el drenaje del camino se derrama sobre este sitio.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 204 (plantas cloróticas).	No. 205 (plantas cloróticas).	No. 207 (plantas sanas).	No. 208 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	86.60	80.87	88.74	77.14
Potasa (K_2O).....	.20	.11	.20	.12
Cal (CaO).....	1.05	.98	.54	Rastros.
Magnesia (MgO).....	Rastros.	Rastros.	Rastros.	.27
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	6.23	10.23	6.92	13.84
Acido fosfórico (P_2O_5).....	.04	.05	.06	.05
Materia volátil.....	5.60	7.33	4.71	8.83
Total.....	99.72	99.57	101.17	100.25
Nitrógeno (N).....	.12	.14	.13	.19
Humedad.....	1.30	2.38	.97	3.15
Bióxido carbónico (CO_2).....	.58	.63	Rastros.	.00
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	1.32	1.46	.....jd.....	.00
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Acida.	Acida.

En el kilómetro 5 tiene el Sr. Coll y Cuchí un pepueño plantío de unas 200 plantas cloróticas. La muestra No. 299 fué recogida en esta parcela, y la No. 296 en un área de plantas sanas distante unas 5 yardas. Como en este sitio la siembra está á altura más elevada que la carretera no se hallan las plantas expuestas al drenaje de ésta.

Hay en la plantación del Sr. Hubbard, en el kilómetro 4, cerca de 400 plantas blancas sembradas en una rehoya á nivel más bajo que la carretera. El No. 294 fué recogido en este sitio y el No. 297 en una siembra de plantas sanas y verdes distante unas 10 yardas.

En la plantación del Sr. Gillies, situada en el kilómetro 3, hay cerca de un décimo de cuerda de plantas marcadamente cloróticas, que se hallan también en una rehoya á nivel más bajo que la carretera. Antes de efectuar la siembra se había arrojado sobre el sitio piedra triturada procedente de la carrera. El No. 295 es tierra recogida entre las plantas descoloridas en este sitio y el No. 298 procede de un plantío de plantas sanas distante 6 yardas. Si bien se hallaban expuestas las plantas en algunos de estos casos al derrame de la carretera, en ningún caso carecían de buen drenaje.

[Bull. 11]

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 299 (plantas cloró- ticas).	No. 296 (plantas sanas).	No. 294 (plantas cloró- ticas).	No. 297 (plantas sanas).	No. 295 (plantas cloró- ticas).	No. 298 (plantas sanas).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	76.70	84.47	75.43	91.56	80.04	77.62
Potasa (K_2O).....	.04	.08	.06	.09	.08	.05
Cal (CaO).....	4.18	.29	7.55	.25	2.83	.37
Magnesia (MgO).....	.05	Rastros.	.14	Rastros.	.10	.13
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	8.55	8.25	5.39	4.16	8.45	11.60
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.04	.05	.05	.01	.04	.05
Materia volátil.....	9.98	7.01	11.15	4.03	9.16	9.73
Total.....	99.54	100.15	99.77	100.10	100.70	99.55
Nitrógeno (N).....	.15	.16	.15	.11	.14	.20
Humedad.....	3.35	5.15	3.60	2.48	4.13	9.02
Bióxido carbónico (CO_2).....	2.73	.00	4.70	.00	1.61	.00
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	6.21	.00	10.70	.00	3.66	.00
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Neutra.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Neutra.

Puede notarse que todos estos terrenos donde crecían plantas cloróticas son de por sí calcáreos ó hechos calcáreos por los efectos del agua del drenaje, mientras que ninguna de las tierras buenas contienen carbonato de cal.

RECONOCIMIENTO DE TERRENO X.

También se recogieron muestras en plantíos donde la piña se daba bien en terrenos de carácter físico análogo á aquellos que producían plantas cloróticas. No se notaron en estas siembras ni en sus inmediaciones plantas cloróticas. Los Nos. 175 y 176 son muestras tomadas en Campo Alegre, el No. 177 procede de Manatí, y los Nos. 179 y 180 son de Río Piedras.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña (plantas sanas).

Componentes y reacciones del suelo.	No. 175.	No. 177.	No. 179.	No. 180.	No. 176.
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	89.78	95.04	89.99	96.25	97.12
Potasa (K_2O).....	.04	.09	.06	.04	.03
Cal (CaO).....	.14	.17	Rastros.	Rastros.	.15
Magnesia (MgO).....	Rastros.	Rastros.	.1d.....	.1d.....	Rastros.
Oxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	5.93	1.76	5.08	.70	1.88
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.04	.03	.04	.04	.03
Materia volátil.....	3.93	2.86	4.50	2.92	1.30
Total.....	99.86	99.95	99.67	99.95	100.51
Nitrógeno (N).....	.09	.05	.11	.09	.09
Humedad.....	3.34	3.15	1.51	.59	.50
Bióxido carbónico (CO_2).....	.00	.00	.00	.00	.00
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	.00	.00	.00	.00	.00
Reacción al tornasol.....	Ácida.	Ácida.	Ácida.	Ácida.	Ácida.

Se observará que estos terrenos buenos también carecen de carbonato de calcio.

[Bull. 11]

Los resultados de los reconocimientos practicados son los siguientes:

De 43 muestras de tierra analizadas 22 fueron recogidas en áreas donde las piñas eran cloróticas y 21 en áreas donde eran sanas.

Los terrenos buenos contienen, una cosa con otra, 0.11 por ciento de potasa (K_2O), 0.07 por ciento de ácido fosfórico (P_2O_5), y 0.14 por ciento de nitrógeno (N). Los terrenos malos contienen un promedio de 0.12 por ciento de potasa (K_2O), 0.10 por ciento de ácido fosfórico (P_2O_5), y 0.17 por ciento de nitrógeno (N). De modo que los terrenos que producen plantas cloróticas contienen un promedio mayor de elementos nutritivos que los que producen plantas sanas.

La diferencia principal que existe entre los terrenos que producen plantas cloróticas y los que producen plantas sanas consiste en el contenido de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Los terrenos malos contienen entre 1.86 y 79.76 por ciento de carbonato de calcio ($CaCO_3$).¹ Todos los terrenos buenos contienen menos del 1.15 por ciento de $CaCO_3$ y la mayor parte de ellos ninguna cal en forma de carbonato.

Teniendo en cuenta el resultado de los ensayos practicados y la evidencia particular de cada caso, no cabe duda que la clorosis de la piña se debe á la cantidad excesiva de carbonato de calcio presente en el terreno.

TERRENOS DEDICADOS AL CULTIVO DE LA PIÑA EN OTROS PAÍSES.

No tenemos á la vista los análisis de terrenos utilizados en Cuba para el cultivo de piñas; pero á juzgar por la manifestación del Prof. F. S. Earle, antiguo director de la estación experimental en Santiago de las Vegas, aparece que en Cuba las siembras de piñas han fracasado en tierras calcáreas.²

Da cuenta en una comunicación particular el Sr. J. C. Brunnich, químico de la estación experimental de Queensland, que allí existe una enfermedad de las piñas producida por drenaje defectuoso, pero dice: "No hemos realizado ensayos con piñas en terrenos completamente calcáreos."

Los terrenos utilizados para el cultivo de piñas en Hawaii, de que habla W. P. Kelley³ en su informe, contienen un promedio de cerca de

¹ Se exceptúan los Nos. 204 y 205 toda vez que en estos casos las plantas estaban expuestas á la acción de mayor cantidad de cal de la que resulta de los análisis del terreno.

² Dice el Prof. Earle, en una comunicación particular: "Se hallan situadas en casi su totalidad las siembras comerciales de piñas en Cuba en los 'terrenos rojos.' Por lo regular se hallan estos terrenos sobrepuestos á la roca coralina, de la cual se derivan probablemente, pero contienen muy poca cal, habiendo sido eliminado casi totalmente el carbonato de calcio. Aunque rígidos y pesados son muy permeables estos terrenos y les penetra el agua con facilidad. También prosperan las piñas en ciertas tierras arenosas, pero no se dan bien en tierra negra y pesada. Suele ésta contener un tanto por ciento considerable de cal y con frecuencia existe bajo ella un subsuelo de 'coco' ó sea materia blanda que consiste, en su mayor parte, de carbonato de cal. Las siembras hechas en estas tierras producen fruta inferior y, por lo general, las plantas mueren al poco tiempo de sembradas."

³ Hawaii Sta. Rpt. 1909, p. 58.

0.50 por ciento de CaO, dando la mayor de las veces una reacción ácida y, hasta donde puede juzgarse por el informe, no son calcáreos. Ciertos terrenos en Hawaï no resultaron propios para el cultivo de piñas debido á la gran cantidad de manganesio soluble que contienen. Esto resulta interesante pues demuestra la sensibilidad de las piñas á la naturaleza química del suelo.

Á juzgar por los numerosos análisis hechos por los Srs. Miller y Hume resulta que carecen de carbonato de cal¹ los terrenos buenos para el cultivo de piñas en la península de la Florida. El tipo de suelo que allí produce las mejores piñas contiene menos del 0.20 por ciento de CaO y cerca del 99 por ciento de materia insoluble. Informa Webber que "muchas siembras se hicieron en tierras recargadas de partículas de conchas y fracasaron totalmente."² Como las conchas marítimas se componen de carbonato de cal, esas tierras habrían de ser calcáreas.

Á la inferencia de que no prosperan las piñas en tierra calcárea tenemos, sin embargo, una excepción aparente en su cultivo en los cayos de la Florida. Describe Rolfs las condiciones que allí existen del modo siguiente:

Estos son islas cerca de la costa sur de la Florida. * * * Tienen base coralina que forma un subsuelo poroso. * * * En muchos casos puede decirse que el suelo, en su sentido ordinario, no existe. Hay casos en que el cultivador de piñas se ve obligado á escoger el sitio donde haya cantidad suficiente de materia vegetal en estado de descomposición para que pueda sostenerse la planta sobre la roca coralina. La mayor parte, ó casi toda la sustancia nutritiva de las plantas consiste en una pequeña cantidad de materia vegetal descompuesta y por consiguiente pronto se agota.³

Miller y Hume⁴ informan que—

Es costumbre en los Cayos el no emplear abonos donde existe esta clase de terreno pues la tierra se agota después de rendir tres ó cuatro cosechas de piñas. Al final de este periodo está completamente gastado el suelo y, quedando poco más que la roca descubierta, se abandona el predio.

El análisis de semejante suelo da por resultado el 5 por ciento de cal, 0.30 de potasa, 0.95 de ácido fosfórico, 24.55 de humus, y 2.65 de nitrógeno. Aunque contiene un tanto por ciento elevado de cal es probable, al compararlo con los análisis que á continuación se consignan, que ninguna de la cal se halla presente en forma de carbonato.

Á fin de llevar más adelante esta investigación se obtuvieron, por mediación de unos agricultores, muestras de terreno procedentes de dos de los Cayos. Difícilmente pueden llamarse suelos, en el verdadero sentido de la palabra, las muestras que se recibieron pues se componen exclusivamente de mantillo formado de hojarasca y partículas de coral. Las muestras Nos. 209 y 210 fueron recibidas del

¹ Florida Sta. Bul. 68.

² U. S. Dept. Agr. Yearbook 1895, p. 273.

[Bull. 11]

³ U. S. Dept. Agr., Farmers' Bul. 140, p. 14.

⁴ Citado anteriormente.

Sr. T. J. Johnson, de Planter, Florida, y las Nos. 214 y 219, del Sr. Edward Gottfried, de Key Largo, Florida. La No. 219 es tierra virgen y la No. 214 procede de una plantación de piñas abandonada ya.

Análisis de terrenos dedicados al cultivo de la piña en los Cayos de la Florida (plantas sanas).

Componentes y reacciones del suelo.	No. 209.	No. 210.	No. 214.	No. 219.
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	3.10	6.62	3.15	2.54
Potasa (K_2O).....	.23	.29	.19	.18
Cal (CaO).....	21.13	20.34	17.01	10.96
Magnesia (MgO).....	.56	.69	.17	Rastros.
Óxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	1.97	5.29	2.44	3.11
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.40	.30	.25	.22
Materia volátil.....	71.83	66.92	76.79	83.20
Total.....	99.22	100.45	100.00	100.21
Nitrógeno (N).....	1.89	1.97	2.41	2.61
Humedad.....	19.84	20.05	13.60	19.59
Bióxido carbónico (CO_2).....	11.05	9.18	7.59	1.90
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	25.14	20.88	17.27	4.32
Reacción al tornasol.....	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.	Alcalina.

Se observará que estos “suelos” son notables por su gran contenido de materia orgánica (demostrado por el tanto por ciento elevado de materia volátil y nitrógeno) y por su riqueza en alimento, que debe existir en forma tal que pueda ser rápidamente asimilado por las plantas. El contenido de cal es elevado y si bien se halla gran parte combinado con el humus, queda aún un tanto por ciento crecido de carbonato de cal. Es evidente, pues, que las piñas soportan gran cantidad de carbonato de cal en el medio en que crecen siempre que en el mismo ambiente también exista gran cantidad de materia orgánica y humus.

Los reconocimientos de terreno hechos en Puerto Rico y los informes que se han podido obtener de Cuba, Hawaii, Queensland y la península de la Florida, concuerdan en demostrar muchos casos en que ha fracasado el cultivo de piñas en suelos calcáreos sin que hayan ejemplos de siembras sanas en este tipo de terreno. La experiencia de los cultivadores en los Cayos de la Florida demuestra claramente que las piñas crecen en suelo calcáreo siempre que contenga gran cantidad de humus. Se tomará en cuenta esta excepción más adelante.

EXPERIMENTOS HECHOS CON DIFERENTES CLASES DE TERRENOS COLOCADOS EN TIESTOS.

Habiendo demostrado los reconocimientos, la naturaleza calcárea de los terrenos de Puerto Rico impropios para el cultivo de la piña, se deseaba ver si los suelos que producían plantas sanas se incapacitarían para la producción de plantas normales con la adición de

carbonato de calcio, y con tal fin se llevaron á cabo unos cuantos experimentos en tiestos.

Sin embargo, antes de dar principio á esta obra, se verificaron algunos ensayos preliminares para averiguar si había de atribuirse el mal á la naturaleza del suelo ó no, y á fin de explicar ciertas excepciones aparentes que habían ocurrido en las siembras. Á continuación se exponen brevemente estos experimentos.

Se notaron en la plantación del Sr. Noble (véase pág. 11) algunos lunares aislados de plantas verdes en medio de áreas cloróticas. Se interesaba saber si permanecían verdes por causa de diferencias en el terreno ó á consecuencia de variaciones en las plantas mismas. Se trasladaron á la estación unas cuantas matas con su respectiva tierra procedentes de los grupos verdes y otras tantas en iguales condiciones extraídas de la área clorótica. El suelo que corresponde á las plantas verdes es el No. 102 y el de las plantas cloróticas el No. 101 (véase pág. 11). Fueron colocados estos terrenos en tiestos que contenían 8 libras de tierra libre de humedad y fueron abonados abundantemente de vez en cuando. Colocáronse 5 plantas cloróticas en el suelo No. 101 y 5 en el No. 102, así como también 5 plantas verdes en el suelo No. 101 y 5 en el No. 102. Fueron colocadas 10 plantas cloróticas en suelo bueno de hortaliza exento de carbonato de calcio. Las plantas verdes en los suelos 101 y 102 permanecieron verdes por algún tiempo, volviéndose luego cloróticas á medida que crecían. Se presentó la clorosis tan rápidamente en el suelo No. 101 como el No. 102. Permanecieron cloróticas todas las plantas colocadas en los suelos 101 y 102 y crecieron poco. Las plantas cloróticas colocadas en el suelo de hortaliza recobraron pronto su color verde, logrando buen desarrollo. Fueron nuevamente trasladadas á los suelos No. 101 y No. 102 la mitad de estas plantas restablecidas, volviéndose cloróticas por segunda vez y paralizándose su desarrollo.

Este resultado demuestra que los suelos No. 101 y No. 102 son prácticamente idénticos, y el hecho de producir uno de ellos plantas verdes fué debido á que los hijos que en él se sembraron eran más vigorosos que los demás. Confirmaron este punto los resultados que dieron los predios pues más tarde perdieron el color las plantas verdes aisladas en esa plantación. El hecho de que se restablecieran las plantas cloróticas al ser colocadas en el suelo bueno de hortaliza, volviendo á ponerse cloróticas al ser resemebradas en su terreno primitivo, demuestra que probablemente fué producida la clorosis por el suelo y que el mal no es enfermedad orgánica.

Los experimentos que más adelante se consignan y el éxito de las plantas resemebradas en la plantación del Sr. Noble (véase pág. 11), confirman esta presunción.

[Bull. 11]

En Luquillo se obtuvieron suelo y plantas cloróticas (véase pág. 11). Fué colocado el suelo en tiestos, fertilizándose bien. En el terreno primitivo se sembraron cinco plantas cloróticas; permanecieron cloróticas y crecieron poco. Cinco plantas cloróticas colocadas en arena de río, exenta de carbonato de calcio, tornáronse verdes, logrando buen desarrollo. Cinco hijos sanos colocados en el suelo procedente de Luquillo crecieron bien por algún tiempo, volviéndose luego cloróticos.

También se obtuvieron plantas cloróticas en la plantación de los Srs. De Sola y Wolff (véase pág. 19). Tornáronse verdes y su desarrollo fué normal al ser colocadas en tiestos con arena de río.

Estos tres ensayos preliminares demostraron claramente que la clorosis es producida por una condición impropia del suelo, probablemente la presencia de exceso de carbonato de cal.

Se obtuvo más tarde terreno arenoso en una plantación cerca de Mayagüez donde se daban bien las piñas. Este suelo es el No. 232 (véase pág. 18). Se le incorporó carbonato de calcio en forma de conchas marítimas trituradas en cantidades tales que los distintos tiestos contenían el 5, 10, 13 y 17 por ciento de carbonato de calcio. En esta mixtura se sembraron cinco hijos iguales de piña española roja. La planta que servía de norma, colocada en el suelo que no contenía carbonato de calcio, permaneció verde durante el experimento, mientras que todas las demás volviéronse cloróticas, presentándose primero y siendo más intensa la clorosis en los tiestos que mayor cantidad de carbonato de cal contenían.

Luego se llevaron á cabo experimentos en mayor escala para averiguar si la adición de carbonato de calcio al suelo le causaría producir plantas cloróticas. Siguen á continuación los detalles de estas pruebas.

Cultiváronse las plantas en tiestos que contenían 40 libras de suelo libre de humedad. Fueron expuestas al aire libre sobre mesas protegidas de las hormigas y piojos de bolsa blanca. Se regaron pocas veces en el curso del experimento toda vez que la lluvia bastaba para mantener humedad suficiente durante ese período. El tamaño de los tiestos y las lluvias frecuentes impidieron que hubiese variación apreciable en el contenido acuoso de los respectivos tiestos debido á diferencias en la traspiración de las plantas. Se cultivó una sola planta en cada tiesto de modo que cada una disponía de igual cantidad de tierra que si se hallara sembrada en un predio. Se practicaron los experimentos en series de cinco, esto es, que en cada caso cinco tiestos recibieron tratamiento idéntico.

Sembráronse en los tiestos hijos obtenidos de plantas sanas cultivadas en la estación. Antes de hacer la siembra se fumigaron todos

los hijos con vapor de ácido cianhídrico para destruir los piojos de bolsa blanca ú otros insectos. Se utilizaron en cada serie de cinco tiestos hijos de cinco tamaños distintos que variaban entre 6 y 14 pulgadas de largo, siendo idénticos éstos á los hijos de todas las demás series de á cinco. Empleáronse hijos de diferentes tamaños con el fin de averiguar si su vigor primitivo afectaba en algo la aparición de la clorosis.

Se verificaron los ensayos con tres tipos de suelo distintos, á saber, arena de río suelta, arcilla margosa, y tierra compuesta en su mayor parte de materia orgánica. Preparóse artificialmente esta última mezclándose una pequeña cantidad de tierra arenosa con estiércol de establo bien acondicionado.

Son los análisis los que siguen:

Análisis de terrenos empleados en los experimentos verificados en tiestos.

Componentes y reacciones del suelo.	No. 213 (tierra arenosa).	No. 18 (arcilla margosa).	No. 222 (tierra rica en humus).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Materia insoluble.....	67.38	60.38	47.49
Potasa (K_2O).....	.01	.30	.48
Cal (CaO).....	1.23	.85	3.82
Magnesia (MgO).....	2.21	3.58	2.92
Óxidos de hierro y de aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3).....	21.90	23.91	11.49
Ácido fosfórico (P_2O_5).....	.08	.20	.55
Materia volátil.....	6.69	11.55	33.25
Total.....	99.40	100.77	100.00
Nitrógeno (N).....	.05	.19	.69
Humedad.....	7.38	11.46	5.83
Bióxido carbónico (CO_2).....	Ninguno.	Ninguno.	Ninguno.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$).....	Id.	Id.	Id.
Reacción al tornasol.....	Neutra.	Neutra.	Ácida.

Incorporóse á estos suelos cal en forma de carbonato. La piedra caliza empleada era de origen coralino y se encuentra en su estado natural en partículas disgregadas. El empleo de esta sustancia hizo posible que se imitara muy estrechamente las condiciones naturales, pues esta piedra caliza constituye el subsuelo en muchos de los predios y su procedencia es la misma que la del carbonato de calcio que en Puerto Rico se halla en las tierras calcáreas.¹ Empleóse en todos los experimentos, salvo el No. IV, piedra caliza idéntica obtenida en Tallaboa. Consignase á continuación el análisis bajo el No. 216. En el Experimento IV se utilizó piedra caliza de la misma clase pero que contenía mayor cantidad de magnesia, y el análisis de ésta se anota bajo el No. 211.

¹ Compara el Dr. Meyer la eficacia en el terreno del carbonato de calcio y de magnesia de procedencias distintas (Landw. Jahrb., 33 (1904), p. 371).

Análisis de piedra caliza empleada en los experimentos verificados en tiestos.

Componentes del suelo.	No. 216 (utilizada en los Experimentos I, II III).	No. 211 (utilizada en el Experimento IV).
	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Sílice y arena (SiO_2).....	8. 41	0. 20
Hierro y aluminio (Fe_2O_3 y Al_2O_3)	1. 90	. 68
Cal (CaO).....	50. 76	49. 82
Magnesia (MgO).....	. 84	4. 86
Pérdida en ignición.....	38. 81	44. 32
Total.....	100. 72	99. 88

Los tiestos todos fueron fertilizados de igual modo y de tiempo en tiempo. Fué algo más extensa la fertilización de lo necesario para demostrar fuera de toda duda que no se producía la clorosis por carencia de nitrógeno, fósforo, ó de potasa. Se mezclaron con la tierra sangre seca, nitrato de sodio, sulfato de potasa y fosfato ácido en cantidades tales que durante el desarrollo de la planta recibiera cada tiesto 4.1 gramos de nitrógeno, 3.1 de ácido fosfórico y 6.7 gramos de potasa. Se aplicó el abono á intervalos distintos para impedir que se hallara presente á un tiempo exceso de sales solubles y porque también era probable que hubiera pérdida por la filtración debido á las fuertes lluvias.

Se cultivaron las plantas por un período de 10 meses y durante ese tiempo las plantas que servían de norma obtuvieron un desarrollo igual ó superior al de las plantas cultivadas en los predios. Se llevó nota exacta de cada planta en lo referente á la presentación de la clorosis. Después de un desarrollo de 10 meses se cortaron y pesaron las plantas en su estado verde.

El propósito primordial de los experimentos fué cualitativo, á fin de observar el efecto del carbonato de calcio en la producción de el aspecto clorótico en las plantas; pero los pesos comparativos demuestran, de modo general, la condición de las plantas y dan una idea del efecto sobre su desarrollo. En experimentos con piñas cultivadas en tiestos no pueden obtenerse datos cuantitativos exactos de pequeñas diferencias en el desarrollo, toda vez que es imposible el cultivo de plantas por separado en cantidades suficientes para asegurar un promedio regular.

En el Experimento I empleáronse tierra arenosa No. 213 y piedra caliza No. 216. No contenían calcio los cinco tiestos que servían de norma. Cada uno de los tiestos que comprendían las demás series de á cinco contenía 10, 20, 30, 40 y 50 por ciento, respectivamente, de carbonato de calcio. Se utilizaron en el cultivo hijos de

piña española roja. Consignase en la siguiente tabla el aspecto de las plantas á los cuatro, seis y nueve meses y el promedio de su peso mientras verdes.

El objeto del experimento era determinar si la adición de carbonato de calcio á una tierra arenosa buena podría ser la causa de que se produjeran plantas cloróticas. Consultando el estado podrá verse que todas las plantas tomadas como tipos crecieron bien y conservaron un color verde oscuro durante los 10 meses; que todas las plantas colocadas en tiestos en los cuales se había depositado carbonato de calcio presentaron distintos grados de clorosis y una gran disminución en crecimiento, y que la clorosis fué más intensa en los tiestos que contenían mayor cantidad de carbonato de calcio. (Grabado II, fig. 1.)

Resultado del experimento en que se agregó carbonato de calcio á terreno arenoso.

Cantidad de CaCO_3 en el suelo.	Aspecto de las plantas durante el desarrollo.	Peso medio de la materia verde de 5 plantas á los 10 meses.
		<i>Gramos.</i>
Norma.....	Todas las plantas de color verde oscuro durante el experimento.....	1,022
10 por ciento.....	El color de todas las 5 plantas más claro que las normales al cuarto mes; al sexto mes 2 plantas ligeramente cloróticas; al noveno mes todas ligeramente cloróticas.	596
20 por ciento.....	Al cuarto mes 2 plantas ligeramente cloróticas, las otras color verde claro; al sexto mes todas ligeramente cloróticas; al noveno mes todas las 5 cloróticas.	584
30 por ciento.....	Al cuarto mes todas las plantas de color verde claro; al sexto mes 4 plantas cloróticas; al noveno mes todas las plantas cloróticas y 3 muy intensamente.	623
40 por ciento.....	Al cuarto mes 4 plantas ligeramente cloróticas y 1 planta color verde claro; al sexto mes todas cloróticas; al noveno mes las 5 intensamente cloróticas.	549
50 por ciento.....	Al cuarto mes todas ligeramente cloróticas; al sexto todas cloróticas; al noveno todas las 5 con clorosis muy intensa.	400

El Experimento II es igual al Experimento I, salvo el haberse utilizado terreno de marga arcillosa No. 18 en lugar del arenoso. Los resultados podrán verse en el cuadro que á continuación se inserta.

El objeto de este experimento era determinar si la clorosis sería tan intensa en terreno calcáreo como en arenoso. Los resultados demuestran que las plantas colocadas en los tiestos tomados como tipo de comparación conservaron su buen color durante todo el experimento y crecieron bien, aunque no tanto como las plantas colocadas en tiestos de la misma clase en el Experimento I; que el 10 por ciento de carbonato de calcio no produjo tan intensa clorosis como la misma cantidad de calcio en un terreno arenoso; que una cantidad de carbonato de calcio entre un 20 y un 50 por ciento causó clorosis tan intensa en terreno arcilloso como en la arena, aunque las plantas crecieron más.

[Bull. 11]

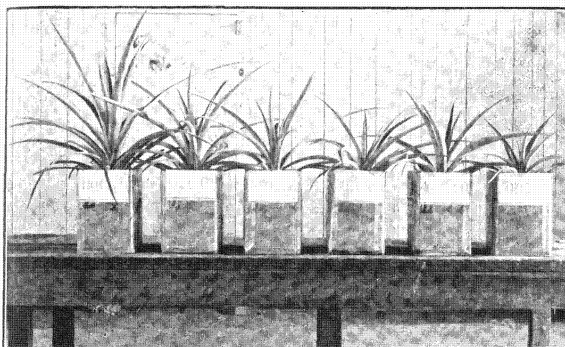


FIG. 1.—EFECTO DEL CARBONATO DE CAL EN EL DESARROLLO DE LA PIÑA.

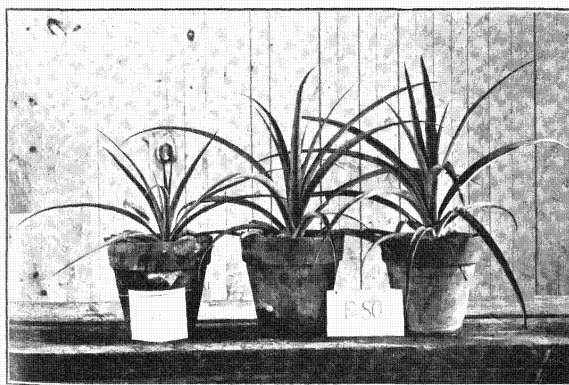


FIG. 2.—EFECTO DEL SULFATO DE HIERRO EN PLANTAS DE PIÑAS CLORÓTICAS.

Resultado del experimento en que se agregó carbonato de calcio á terreno margoso.

Cantidad de CaCO_3 en el suelo.	Aspecto de las plantas durante el desarrollo.	Peso medio de la materia verde de 5 plantas á los 10 meses.
		<i>Gramos.</i>
Norma.....	Todas las plantas de color verde oscuro durante el experimento.....	781
10 por ciento.....	El color de 2 plantas más claro que las normales al cuarto mes; al sexto mes 2 plantas ligeramente cloróticas; al noveno mes 1 planta clorótica; 4 plantas de color más claro que las normales.	622
20 por ciento.....	Tres plantas con síntomas de clorosis al cuarto mes; 3 plantas cloróticas al sexto mes y 1 ligeramente atacada; al noveno mes 3 plantas cloróticas y 2 ligeramente afectadas.	685
30 por ciento.....	El color de las 5 plantas más claro que el de las normales al cuarto mes; al sexto mes 3 cloróticas en su parte central y 1 ligeramente clorótica; al noveno mes todas las plantas cloróticas.	650
40 por ciento.....	Al cuarto mes 1 planta intensamente clorótica, 2 plantas de color igual á las normales, 2 plantas de color más claro; al sexto mes todas las 5 plantas cloróticas; al noveno, todas intensamente cloróticas.	471
50 por ciento.....	Al cuarto mes 1 planta ligeramente clorótica, 4 plantas de color más claro que las normales; al sexto mes todas cloróticas; al noveno todas intensamente cloróticas.	534

El Experimento III es igual al Experimento I en todo, con la diferencia de que el suelo rico en humus (No. 222) fué usado en este caso. Los resultados se ven en el cuadro que va á continuación.

El objeto de este experimento era ver si la adición de carbonato de calcio á un terreno excepcionalmente rico en materia orgánica motivaría la producción de plantas cloróticas. Los resultados son, en resumen, los siguientes: Las plantas que sirvieron de norma conservaron buen color y crecieron de un modo notable; las plantas en tiestos con una cantidad de carbonato de calcio de un 10 á 30 por ciento crecieron lo mismo que aquellas y conservaron el mismo color; 3 plantas colocadas en tiestos con un 40 por ciento de carbonato de calcio presentaron síntomas de clorosis á los seis meses pero más tarde ésta desapareció, siendo el desarrollo igual al de las plantas tipos; las 5 plantas colocadas en tiestos con 50 por ciento de carbonato de calcio presentaron ligeros síntomas de clorosis á los seis meses, pero todas menos una recobraron más tarde su primitivo color. Los resultados de este experimento se hallan en armonía con las condiciones existentes en los Cayos de la Florida. Demuestran que la tendencia del carbonato de calcio á causar la clorosis disminuye con la adición de una gran cantidad de materia orgánica, pero que cuando la proporción entre la materia orgánica y el carbonato de calcio traspasa cierto límite, se produce la clorosis aun cuando haya gran cantidad de humus.

[Bull. 11]

Resultado del experimento en que se agregó carbonato de calcio á un terreno rico en humus.

Cantidad de CaCO_3 en el suelo.	Aspecto de las plantas durante el desarrollo.	Peso medio de la materia verde de 5 plantas á los 10 meses.
		<i>Gramos.</i>
Norma.....	Todas las plantas de color verde oscuro durante el experimento.....	1,137
10 por ciento.....	Todas las plantas iguales á las normales en color durante el experimento.....	812
20 por ciento.....	.....id.....	1,048
30 por ciento.....	.....id.....	1,117
40 por ciento.....	Al cuarto mes todas las plantas del mismo color que las normales; al sexto mes 2 plantas cloróticas y 1 ligeramente clorótica; al noveno mes 1 planta ligeramente clorótica, las otras iguales á las normales.	1,006
50 por ciento.....	Al cuarto mes el color de todas las plantas igual al de las normales; al sexto mes todas las plantas intensamente cloróticas; al noveno mes 1 planta clorótica y 4 muy ligeramente cloróticas.	1,070

El Experimento IV es el mismo al Experimento I en todo, salvo el haber usado piedra caliza magnesiana (No. 211) en vez de la No. 216. Como sólo había disponible 75 libras de esta sustancia, únicamente pudo probarse el efecto de terrenos que contenían un 10 y un 30 por ciento de carbonatos combinados (de calcio y de magnesio). Los resultados se pueden ver en el cuadro siguiente.

El objeto de este experimento era averiguar si aumentando la cantidad de magnesio asimilable en el terreno disminuía la clorosis en las plantas. Los resultados fueron los siguientes: Las plantas tipos mantuvieron un buen desarrollo verde; las plantas de todos los tiestos que contenían piedra caliza magnesiana se volvieron cloróticas; la clorosis fué tan intensa como en el otro experimento con piedra caliza de poca magnesia (Experimento I). Es evidente que si aumentamos la razón del carbonato de magnesio al carbonato de calcio de 1:51 á 1:9, este aumento no causa efecto alguno en la disminución de la clorosis ó en el aumento del desarrollo de las plantas.

Resultado del experimento en que se agregó á terreno arenoso piedra caliza que contenía un 10 por ciento de carbonato de magnesio.

Cantidad de carbonatos combinados (calcio y magnesio) en el suelo.	Aspecto de las plantas durante el desarrollo.	Peso medio de la materia verde de 5 plantas á los 10 meses.
		<i>Gramos.</i>
Norma.....	Todas las plantas de color verde oscuro durante el experimento.....	653
10 por ciento.....	Al cuarto mes el color de las plantas más pobre que las normales; al sexto mes 1 planta muerta, 2 ligeramente cloróticas; al noveno mes todas las plantas ligeramente cloróticas.	508
30 por ciento.....	Al cuarto mes 1 planta clorótica, 4 plantas de color inferior á las normales; al sexto mes 1 planta con clorosis intensa 4 ligeramente cloróticas; al noveno mes todas las plantas intensamente cloróticas.	358

EXPERIMENTOS CON PLANTAS CULTIVADAS EN PEQUEÑAS PARCELAS.

Además del cultivo en tiestos se llevó á cabo otro experimento en condiciones naturales, del siguiente modo: Se cavaron cuatro hoyos de 20 pies de largo, 10 de ancho y 2 de profundidad, llenándolos con tierra especialmente preparada. Se construyeron zanjas alrededor de estas porciones de terreno y se separaron las unas de las otras por capas de tierra arcillosa de 3 pies de espesor. Una de estas parcelitas fué preparada con terreno margoso que no contenía carbonato de calcio. Las otras tres contenían, respectivamente, un 10, un 25 y un 50 por ciento de carbonato de calcio. La piedra de calcio usada era la marcada con el No. 216, y se mezcló perfectamente bien con la tierra. En cada parcelita se sembraron 16 hijos de piña de la variedad Española Roja. Las plantas crecieron en condiciones perfectamente naturales de humedad, temperatura, y suficiente espacio para las raíces.

Todas las plantas de la parcela que sirvió de norma, sin carbonato de cal, crecieron bien y con buen color durante todo el experimento. Las plantas de la parcela que contenía un 10 por ciento de carbonato de calcio, á los 5 meses presentaron un color decididamente más bajo, ó sea un verde muy claro. Al cabo de siete meses 11 plantas que habían tenido un regular desarrollo estaban intensamente cloróticas, y las cinco plantas restantes, que habían crecido un poco, lo estaban sólo ligeramente. Á fines del décimo mes todas estaban ligeramente cloróticas. Las plantas de la tercera parcela, con sólo un 25 por ciento de carbonato de calcio, estaban ligeramente cloróticas á fines del quinto mes. Al séptimo mes, las 12 plantas que habían adquirido un regular desarrollo estaban intensamente cloróticas, presentando un color blanco crema, mientras que las 4 restantes que habían crecido poco sólo tenían ligeros síntomas de la enfermedad. Á fines del décimo mes todas las plantas estaban intensamente cloróticas. Las plantas de la cuarta parcela, que contenía un 50 por ciento de carbonato de calcio, presentaban ligeros síntomas de clorosis á fines del quinto mes, y al séptimo mes las 7 mayores presentaban un color blanco crema. Las 9 restantes, que no habían alcanzado gran desarrollo, estaban visiblemente cloróticas aunque la clorosis no era muy intensa. Al décimo mes todas presentaban clorosis intensa. Á fines del décimo mes se cortaron todas las plantas y el peso medio de las partes verdes de las mismas fué el siguiente:

Peso medio de las plantas.

	Gramos.
Parcela tipo, sin carbonato de calcio.....	568
Parcela con 10 por ciento carbonato de calcio.....	423
Parcela con 25 por ciento carbonato de calcio.....	437
Parcela con 50 por ciento carbonato de calcio.....	374

[Bull. 11]

Los resultados obtenidos con plantas sembradas en tiestos y en pequeñas parcelas fueron los siguientes:

Las plantas que crecieron en terrenos arenosos y margosos á los cuales se agregó carbonato de cal al natural sufrieron clorosis. Las que crecieron en terreno formado casi en su totalidad por materia orgánica pura no presentaron síntomas de clorosis hasta que el carbonato de calcio agregado llegó á un 50 por ciento.

La piedra caliza con un 10 por ciento de carbonato de magnesio produjo clorosis tan intensa como la que contenía el 1 por ciento de esta sustancia.

Las plantas presentaban generalmente ligeros síntomas de clorosis á los cuatro ó cinco meses de sembradas y al cabo de nueve meses la enfermedad las invadía por completo. En todos los experimentos se observó que la clorosis dependía en cierto modo del desarrollo. Las plantas que crecían lentamente al principio no adquirieron la clorosis tan pronto como las que crecieron muy rápidamente. Además, las plantas procedentes de pequeños hijos se enfermaron más pronto que las procedentes de los grandes. Las plantas procedentes de hijos muy pequeños, pero vigorosos, y que crecieron rápidamente desde el primer momento, fueron las que presentaron la clorosis más pronto y en forma más intensa.

De estas observaciones se deduce que la clorosis depende del agotamiento de un elemento nutritivo contenido en el hijo de la piña y el cual no pudo seguir obteniendo la planta en terreno calcáreo, ó de la absorción de una cantidad perjudicial de algún elemento en el suelo.

CONCLUSIONES SOBRE LAS INVESTIGACIONES DEL SUELO.

Los resultados de los experimentos de cultivo confirman las conclusiones derivadas de los reconocimientos de terrenos practicados. Es cosa evidente que la clorosis de la piña, observada en ciertas plantaciones, es debida á una excesiva cantidad de carbonato de calcio en el terreno. Los experimentos practicados demuestran que la adición de carbonato de calcio á los terrenos que producen plantas saludables es causa de que en estos terrenos se produzcan plantas cloróticas. Terrenos extraordinariamente ricos en humus y materia orgánica necesitan gran cantidad de carbonato de calcio para hacerlos producir plantas cloróticas. Suelos de este tipo no se encuentran que sepamos en Puerto Rico.

No se trató de determinar, por medio de experimentos en tiestos, la mínima cantidad de carbonato de calcio en los suelos, que podría ser causa de esta clorosis, puesto que los análisis de los diferentes terrenos dedicados al cultivo de la piña que actualmente producen plantas cloróticas, presentan estos datos con más exactitud de lo que lo harían los ensayos hechos en tiestos. Al revisar los análisis

se verá que la máxima cantidad de carbonato de calcio hallada en cualquier suelo productor de plantas sanas fué de 1.15 por ciento. El minimum de carbonato hallado en los suelos productores de plantas cloróticas fué un 2 por ciento. Esto, en un suelo arenoso suelto. Así pues, tratándose de terrenos arenosos, un 2 por ciento de carbonato de calcio los incapacita para el cultivo de piñas. Es posible que un terreno que contenga un 2 por ciento de carbonato de calcio y al mismo tiempo una buena cantidad de humus pudiera producir plantas sanas pero, en general, puede afirmarse que los terrenos arenosos que contienen un 2 por ciento ó más de carbonato de calcio no sirven para la siembra de piñas. El limite peligroso es un poco más alto cuando se trata de terrenos margosos. El único de esta clase, en el que se hallaron plantas cloróticas, contenía un 4.62 por ciento de carbonato de cal.

Las distintas clases de piñas pueden variar algo en cuanto á la cantidad de cal que puede hacerles daño, pero como se ha visto desarrollada la clorosis en la variedad Cabezona en terrenos que contenían un 3.30 por ciento de carbonato de calcio, no cabe considerar á esta variedad más resistente que la española roja. En un solo caso se encontraron las variedades nativas Caraqueña y Pan de Azúcar desarrollándose en un terreno calcáreo. Éste contenía 21.77 por ciento de carbonato de calcio y la clorosis de las plantas era intensa. En la actualidad no se cultivan para fines comerciales más clases de piñas en Puerto Rico que la Cabezona y la Española Roja. Es posible que la Cayena Lisa y otras variedades de menos potencia para la exportación sean más resistentes.

De lo anteriormente dicho se deduce que las piñas son tan sensibles al carbonato de calcio como los altramuces, que no crecen en terreno que contenga un 2 por ciento de carbonato de calcio.

Puesto que los terrenos calcáreos que contienen una gran cantidad de humus no producen plantas cloróticas, podría suponerse que, aumentando la cantidad de humus de estos terrenos, se les haría producir piñas. En realidad, adiciones de estiércol de cuadra produjeron cierta mejoría en las plantas. Sin embargo, es imposible aumentar la cantidad de humus en la mayor parte de estos terrenos calcáreos para ponerlos en condición de producir piñas. Quizás mejoraría mucho la condición de las plantas la adición de grandes cantidades de estiércol ú otra materia orgánica á los terrenos que sólo contienen un 2 por ciento de carbonato de calcio.

En las siguientes páginas se describen otros medios de acabar con los daños que, asociados á la clorosis, sufren las plantas, y de devolver la clorofila ó color verde normal á las hojas. Sin embargo, no es probable que este tratamiento tenga éxito comercialmente. En las actuales condiciones de la industria de piñas en Puerto Rico, donde existen aún grandes áreas de terreno sin sembrar muy propios para

piñas, no debe aconsejarse la siembra de estas plantas en suelos que requieran un tratamiento extraordinario y bastante costoso para ponerlos en condiciones de producción. Es preferible abandonar la siembra de piñas en estos terrenos calcáreos y dedicarlos á otros cultivos que á ellos se adaptan.

Las arenas calcáreas cercanas al mar se adaptan al cultivo del cocotero. En los terrenos arenosos que no contienen cantidad excesiva de calcio se dan muy bien los gandules y árboles citrosos. El tabaco se da bien en los terrenos calcáreos que no se hallan muy cerca del mar. Es de aconsejarse que estas tierras calcáreas se dediquen á uno de estos productos antes que á piñas puesto que éstas requieren un tratamiento especial para hacerlas producir.

INVESTIGACIONES SOBRE LA CLOROSIS.

TRABAJOS PREVIOS SOBRE LA CLOROSIS PRODUCIDA POR EL CALCIO.

Aún cuando nunca se ha demostrado que las piñas no toleran el carbonato de calcio y que la clorosis es producida en esta planta por la excesiva cantidad de cal, se ha observado que otras muchas especies de plantas que crecen en terrenos calcáreos sufren clorosis. La cantidad de cal que las plantas pueden tolerar varía mucho conforme á las diferentes especies y á las variedades de éstas. La clorosis de la viña en ciertas tierras margosas de Francia y Alemania es probablemente el mejor ejemplo que se conoce de la clorosis producida por la cal. Algunos padrones americanos que resisten á la filoxera dan señales de clorosis en terrenos que contienen sólo un 5 por ciento de carbonato de cal. Otros padrones americanos son más resistentes aun, mientras que algunos franceses é híbridos no presentan síntomas de clorosis en terrenos que contienen de un 50 á 70 por ciento de carbonato de cal.¹

Los altramuces amarillos y azules y la serradilla son muy sensibles al calcio y sólo toleran un 2 por ciento de carbonato de calcio en el terreno. El desarrollo de estas plantas se halla muy deprimido en terrenos de sólo un 1 por ciento.² Las variedades de altramuces *Lupinus mutabilis*, *L. albus* y *L. nanus*, sin embargo, son plantas amantes del calcio y resisten hasta un 30 por ciento de carbonato de cal.³

Dauthenay⁴ da cuenta de un caso de clorosis de perales sembrados en terreno que contenía mucho calcio en la isla de Santa Ana. En

¹J. M. Guillon y O. Brunaud indican la cantidad de cal que toleran las diferentes clases de viñas. Rev. Vit., 20 (1903), p. 535.

²Landw. Jahrb., 30 (1901), Sup. 2, p. 61.

³J. A. C. Roux. Traité des rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale. Montpellier et Paris, 1900, p. 132.

⁴H. Dauthenay, Rev. Hort. (Paris), 73 (1901), p. 50.

[Bull. 11]

Hertfordshire, Inglaterra, se presentó la clorosis en un plantío de árboles frutales sembrados en terrenos que se hallaban sobre otros de formación gredosa. La capa superficial de este terreno contenía un 13.53 por ciento de carbonato de cal. Entre los árboles afectados por esta enfermedad había perales, melocotoneros, ciruelos, nectarinos, albaricoqueros, y cerezos.¹ Hilgard cita casos de clorosis en árboles de frutas citrosas sembrados en un subsuelo margoso que contenía de 22 á 39 por ciento de carbonato de cal.²

La clorosis de muchas plantas de adorno y de otras que no recibían cultivo alguno en terrenos calcáreos también hase observado. Sachs³ da cuenta de casos de clorosis en gran número de plantas en el jardín del Instituto Botánico de Würzburg. Describe el suelo de este jardín como muy cargado en cal.

Además de las observaciones de clorosis en plantas que crecen en terrenos calcáreos, hay mucho escrito sobre la adaptabilidad de varias plantas á esta clase de terreno.

Hilgard,⁴ Hoffmann,⁵ Braungart,⁶ Roux,⁷ y otros muchos han observado que ciertas especies de plantas sembradas en terrenos calcáreos ó dejan de adquirir su desarrollo normal ó no crecen absolutamente nada. Por otra parte hay ciertas plantas que sólo adquieren su completo desarrollo en terrenos ricos en carbonato de calcio.

Aunque es cosa ya muy conocida que ciertas plantas se ven afectadas de clorosis cuando crecen en terrenos calcáreos, todavía no se ha podido explicar bien la manera en que actúa el calcio para producir dicha enfermedad. Allá por el año 1843 Eusèbe Gris demostró que el tratamiento por medio del sulfato de hierro hace que las plantas cloróticas recobren su color verde. Mucho más tarde Sachs⁸ trató muchas plantas cloróticas por medio del sulfato de hierro. Mucho se ha hecho en Francia y Alemania respecto al tratamiento de las viñas cloróticas con sulfato de hierro y otros compuestos ferruginosos.⁹ Estos distintos tratamientos, aunque no han devuelto á las hojas su color verde normal de un todo, han disminuido la clorosis de un modo notable. Hiltner¹⁰ ha devuelto el color verde á los altramuces cloróticos sembrados en terrenos muy cargados en calcio.

¹ R. L. Castle, Gard. Chron., 3. ser., 25 (1899), No. 652, p. 405; 26 (1899), No. 653, p. 4.

² California Sta. Circ. 27.

³ J. Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg, 3 (1888), p. 433.

⁴ E. W. Hilgard. Soils. New York, 1906. Proc. Soc. Prom. Agr. Sci., 7 (1886), p. 32; Forsch. Geb. Agr. Phys., 10 (1888), p. 185.

⁵ H. Hoffmann, Landw. Vers. Stat., 13 (1871), p. 209.

⁶ R. Braungart, Jour. Landw., 28 (1880), p. 155.

⁷ J. A. C. Roux. Traité des rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale. Montpellier et Paris, 1900.

⁸ Citado anteriormente.

⁹ Lueddecke, Ztschr. Landw. Ver. Grossherzogthums Hessen, 62 (1892), No. 41, p. 333; 63 (1893), No. 2, p. 9. A. Bernard, Prog. Agr. et Vit., 18 (1892), pp. 36-42. J. M. Guillon, Prog. Agr. et Vit., 26 (1896), pp. 606-608. A. Menudier, Jour. Agr. Prat., 60 (1896), II, pp. 157, 158. J. Dufour, Ber. Schweiz. Bot. Gesell., 1892, No. 2, pp. 44-46.

¹⁰ L. Hiltner, Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, n. ser., 7 (1909). Nos. 2, 3, 5.

Guillon¹ demostró palpablemente que la acción efectiva del sulfato de hierro en la curación de la clorosis se debe sólo al hierro, para lo cual trató viñas cloróticas con sulfato de hierro, ácido sulfúrico, sulfato de sodio, y con tanato, malato y citrato de hierro. En estos experimentos no dieron resultado más que los compuestos de hierro. Hiltner² confirmó del mismo modo este principio con altramuces.

Opinan los que han tratado con éxito plantas cloróticas con sulfato de hierro y cloruro de hierro, que en general la clorosis de las plantas se debe á falta de hierro en las mismas debido á que ellas no pueden extraer este elemento de los terrenos calcáreos. No obstante esto, algunos análisis comparativos de hojas verdes y cloróticas y tallos de la viña por Schulze³ demuestran que la planta sana contiene mayor cantidad de potasa que la clorótica. Mach y Kurmann⁴ obtuvieron casi los mismos resultados. Otros, por lo tanto, entre los que se hallan Sorauer⁵ y Euler⁶ son de opinión que la clorosis se debe principalmente á la falta de potasa.

Hollrung⁷ es de opinión que la alcalinidad de los terrenos calcáreos es una de las principales causas de la clorosis en los viñedos puesto que parece que éstos se desarrollan mejor en suelos ligeramente ácidos. Molz⁸ es de opinión que la clorosis de las uvas se debe principalmente á la condición física del terreno.

De los trabajos anteriores verificados en materia de clorosis se deduce que ciertas plantas que crecen en terrenos calcáreos se ven atacadas de clorosis, y que el tratamiento con ciertas sales de hierro produce más ó menos efecto en el mejoramiento de la condición clorótica. En cuanto á la manera de actuar el carbonato de calcio en la producción de la clorosis, hay diferencias de opinión.

Para averiguar, si era posible, como el calcio perturba la fisiología de la piña y produce la clorosis, se llevaron á cabo las siguientes investigaciones.

EFFECTO DE LA ALCALINIDAD DEL TERRENO Y DE LA CAL ASIMILABLE EN LA PRODUCCIÓN DE LA CLOROSIS.

Desde el punto de vista químico los terrenos calcáreos difieren principalmente de los ordinarios en dar una reacción alcalina y en contener una gran cantidad de cal asimilable. Si sólo la alcalinidad de los terrenos calcáreos fuera la causa determinante, podría esperarse que las tierras alcalinizadas por medio del carbonato de sodio pro-

¹ J. M. Guillon, *Prog. Agr. et Vit.*, 23 (1895), p. 653.

² L. Hiltner, *Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz*, n. ser., 7 (1909), Nos. 2, 3, 5.

³ F. Schulze, *Centbl. Agr. Chem.*, 2 (1872), p. 99.

⁴ *Centbl. Agr. Chem.*, 1877, p. 58.

⁵ Paul Sorauer, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. Berlin, 1909. 3 ed., vol. 1. p. 310.

⁶ H. Euler, *Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie*. Braunschweig, 1909, pt. 3, p. 153.

⁷ M. Hollrung, *Landw. Jahrb.*, 37 (1908), pp. 497-616.

⁸ E. Molz, *Centbl. Bakt. (etc.)*, 2. Abt., 19 (1907), Nos. 13-15, p. 461; 16-18, p. 563; 21-23, p. 715; 24-25, p. 788; 20 (1907), Nos. 1-3, p. 71; 4-5, p. 126.

ducirían también plantas cloróticas. Si la gran cantidad de cal asimilable causa la clorosis habría de esperarse que los terrenos tratados con sulfato de cal producirían plantas cloróticas. Para determinar si la clorosis es producida por la alcalinidad ó por la gran cantidad de cal asimilable, se llevaron á cabo experimentos en tiestos.

Estos ensayos se verificaron de la misma manera descrita en la página 25, con la diferencia de que los tiestos que recibieron carbonato de sodio se conservaron en el invernadero para evitar la pérdida de álcali por percolación.

En el experimento con carbonato de sodio se utilizó la tierra No. 213. Á cinco tiestos de comparación no se le agregó nada, á cinco se les añadió bastante cantidad de carbonato de sodio anhídrico para que la tierra contuviera 0.01 por ciento, á cinco se les agregó carbonato sódico para que contuviera el 0.05 por ciento, y cinco tiestos recibieron carbonato sódico hasta el 0.10 por ciento del peso de la tierra. La condición de las plantas á los 10 meses puede verse en el siguiente cuadro:

Resultados del experimento en que se agregó carbonato sódico á terreno arenoso.

Contenido de Na_2CO_3 en el terreno.	Aspecto de las plantas.	Peso medio de la materia verde de 5 plantas á los 10 meses.
Norma.....	Todas las plantas de color verde oscuro y vigorosas durante el experimento.	<i>Gramos.</i> 700
0.01 por ciento.....	Todas las plantas de color verde oscuro pero raquíticas durante todo el experimento.	294
0.05 por ciento.....	Id	264
0.10 por ciento.....	Todas verdes pero casi sin desarrollo alguno.....	185

En resumen los resultados fueron los siguientes: Las plantas tomadas como tipos de comparación crecieron bien con color verde; las plantas colocadas en tiestos que contenían carbonato sódico tuvieron un desarrollo raquítico; las contenidas en tiestos con un 0.10 por ciento de Na_2CO_3 crecieron casi nada, pero todas las plantas á que se contrae este párrafo sostuvieron su color verde oscuro.

Luego, es evidente, que no es la alcalinidad del terreno la única causa de la clorosis. Aunque la alcalinidad producida por 0.01 por ciento de Na_2CO_3 es suficiente para obstaculizar mucho el desarrollo de las plantas, perturba las funciones de nutrición de una manera muy distinta al CaCO_3 , pues aparentemente no ejerce influencia alguna en la formación de clorofila.

En el experimento con sulfato cálcico ó yeso se utilizó la muestra de tierra No. 18. Cinco tiestos usados como norma no recibieron cantidad alguna de yeso, cinco recibieron cantidad bastante para dar al terreno una proporción de 5 por ciento de CaO , cinco hasta recibir

un 10 por ciento de CaO , y otros cinco hasta un 15 por ciento de CaO . Los resultados se ven en el siguiente cuadro:

Resultados del experimento en que se agregó yeso á terreno margoso.

Contenido de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y CaO en el terreno.	Aspecto de las plantas.	Peso medio de 5 plantas.
		<i>Gramos.</i>
Norma.....	Verdes durante todo el experimento...	604
15 por ciento de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, equivalente á 5 por ciento de CaO}.	.....id.....	482
30.65 por ciento $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, equivalente á 10 por ciento de CaO}.	.....id.....	452
45.98 por ciento $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, equivalente á 15 por ciento de CaO .	Unas plantas de color más claro que otras durante el experimento, aunque no cloróticas.	470

Resulta que mientras las grandes cantidades de yeso agregadas al terreno deprimieron el desarrollo, del mismo modo que el carbonato sódico no produjeron clorosis alguna.

Puesto que ni es la alcalinidad solamente la que produce la clorosis ni tampoco la gran cantidad de cal asimilable, parece que esta enfermedad es causada por ambos factores actuando como uno. Estos pueden ejercer acción directa ó indirecta sobre la planta por medio de sus efectos sobre algunos elementos nutritivos contenidos en el terreno.

TRATAMIENTO DE PLANTAS CLORÓTICAS CON HIERRO Y OTRAS SALES.

Se llevaron á cabo gran número de experimentos con el fin de dominar la clorosis. Plantas cloróticas sembradas en tiestos con terreno calcáreo fueron tratadas de distintos modos. El riego con la solución nutritiva de Knop resultó inútil. Esto en parte se esperaba puesto que se había visto que las aplicaciones fuertes de nitrógeno, potasa y ácido fosfórico, eran también de ningún valor para dominar la enfermedad. Adiciones á intervalos de sulfato de magnesio al terreno no dieron resultado. Si una desfavorable proporción entre la cal y la magnesia fuera la causa del trastorno, este tratamiento hubiera dado excelentes resultados.

Sin embargo, el tratamiento por medio de las sales de hierro fué señaladamente eficaz para devolver el color verde á las hojas. Al principio se agregó al terreno soluciones de un 2 por ciento de sulfato de hierro sin que las plantas cloróticas que en aquel crecían mejoraran su condición. Se colocaron después cristales de sulfato de hierro en el terreno, ya tocando las raíces, ya muy próximas á ellas. Tres semanas después de la aplicación de este remedio las plantas tratadas habían mejorado considerablemente en color; un mes más tarde dichas plantas habían adquirido un verde casi normal y su desarrollo

[Bull. 11]

había aumentado considerablemente. Las plantas cloróticas no sometidas á tratamiento y que servían como tipos de comparación permanecieron casi blancas y sin crecer. (Grabado II, fig. 2.)

También fueron tratadas plantas cloróticas frotando suavemente las hojas con una solución de sulfato de hierro al 2 por ciento, una de cloruro de hierro al 2 por ciento, y una solución al 2 por ciento de ácido sulfúrico. Esta operación fué repetida cuatro veces á intervalos de 10 días. Las plantas tratadas con ácido sulfúrico no presentaron mejora alguna mientras que las tratadas con sales de hierro estaban mucho más verdes dos semanas después de la primera aplicación del tratamiento, y tres semanas más tarde ostentaban su color verde normal. El hecho de que el ácido sulfúrico no dió resultados y que el cloruro y el sulfato de hierro eran igualmente buenos para curar la clorosis, indica que la acción debe atribuirse al hierro solamente y no al sulfato radical ni á la acidez de las sales.

Una planta, cuyas hojas eran casi de color blanco cera, salvo en algunos sitios que unas pocas manchas oscuras daban indicios de marchitez, fué tratada dejando caer en su centro un cristal de sulfato de hierro. Las hojas del centro se quemaron por la acidez de la sal, pero las otras se tornaron verdes, y salió un renuevo vigoroso y verde.

La eficiencia de la frotación con las sales de hierro depende de que la solución penetre en la epidermis de las hojas. Las hojas que se quemaron por la fuerza de la solución adquirieron su color verde con más rapidez que las hojas que no sufrieron daño alguno. Otras que fueron agujereadas con anterioridad de modo que la solución pudiera penetrar más rápidamente, adquirieron el color verde antes que las que no se sometieron á ese procedimiento.

Aunque los tratamientos indicados en los párrafos precedentes produjeron un efecto muy marcado en devolver á las plantas su desarrollo y color normal, no basta uno solo para conseguir el resultado apetecido. Tres ó cuatro meses después de haber recobrado el color verde, ó sea la clorofila, las hojas nuevas comienzan á dar señales de clorosis y toda la planta vuelve gradualmente á sufrir de nuevo la enfermedad. Un nuevo tratamiento ferruginoso vuelve á producir su buen efecto.

Para conseguir que las piñas crezcan en terrenos muy cargados en cal sería preciso regarlas repetidas veces con sulfato de hierro puesto que aplicaciones de esta sal al terreno no dán resultado. Es posible que en suelos calcáreos que contienen de 2 á 5 por ciento de carbonato de calcio podría ser eficaz una aplicación de sulfato de hierro al terreno pues teniendo una cantidad menor de cal el hierro no se haría ineficaz tan pronto.

Cabe dudar si el tratamiento con las sales de hierro permitiría la producción de piñas en suelos calcáreos en gran escala pues hay que

considerar que los repetidos tratamientos ferruginosos resultarían costosos y la cosecha no podría nunca competir con la obtenida en terrenos que naturalmente son apropiados para el cultivo de esta fruta.

CONTENIDO DE CENIZAS EN LAS HOJAS VERDES Y LAS CLORÓTICAS.

Se practicó un examen de las cenizas contenidas en las hojas verdes y las cloróticas. Puesto que la clorosis es producida por una perturbación en la nutrición mineral de la planta, se creyó que la diferencia entre las cenizas de las hojas verdes y de las cloróticas podría presentar la evidencia de la causa de tal trastorno. Variando mucho con la edad las cenizas de cada planta, se tomaron para los análisis comparativos sólo plantas de la misma edad.

Los análisis se llevaron á cabo siguiendo los métodos oficiales de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales para cenizas de plantas, con dos excepciones. Como la cantidad de cal en todas las cenizas excede en mucho á la de ácido fosfórico, no se agregó acetato de calcio antes de la ignición, que se verificó con llama muy débil. Se hicieron análisis de prueba con muestras quemadas con y sin acetato de calcio y se vió que no había pérdida de ácido fosfórico en la ignición sin acetato de calcio, y que la cal podía determinarse con más precisión sin la adición de acetato. La determinación de la potasa fué hecha de acuerdo con el método de König; ¹ en cuanto á la determinación de la potasa sola en estas cenizas, este método fué más exacto.

Las plantas de los Experimentos I, II, y III (véase págs. 27-29) se analizaron á la conclusión de éstos. Como estos ensayos se llevaron á cabo en series de á cinco, se combinaron muestras iguales de la sustancia seca de cada una de las cinco plantas para formar de este modo una masa compuesta para el análisis. Los resultados analíticos que se ven en el cuadro que va á continuación representan un promedio de cinco plantas que crecieron en idénticas condiciones. Todas las plantas de este cuadro tenían 10 meses de sembradas, y las plantas de cada experimento recibieron la misma cantidad de abono. El único factor que podía causar alguna diferencia entre las respectivas cenizas era la cantidad de carbonato de calcio contenida en el terreno.

En el cuadro hay tres series de análisis comparativos, á saber, plantas en terreno arenoso, plantas en terreno margoso, y en tierra rica en humus. En cada serie hay tres análisis: Plantas sembradas en tierra sin carbonato de cal, en terreno con 30 por ciento de carbonato de calcio, y en terreno con 50 por ciento de carbonato de

¹ König. Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin, 1906, 3. ed. pp. 29, 30.

calcio. Los tantos por ciento de cal, magnesia, ácido fosfórico, potasa, y hierro, en la ceniza libre de carbón, también se consignan, así como los de estos constituyentes y del nitrógeno en la sustancia seca de la planta.

Análisis de la ceniza de plantas cultivadas en terrenos arenosos, margosos, y con humus.

ANÁLISIS DE LA CENIZA LIBRE DE CARBÓN.

Experimento del cual se tomaron las muestras.	CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Cal (CaO).	Magnesia (MgO).	Ácido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).
	<i>Tanto por ciento.</i>			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
I (terreno arenoso).	Ninguno.	Verde.....	342	11.54	8.68	5.21	48.22	4.65
	30	Clorótico.....	343	13.00	7.09	5.42	55.20	4.22
	50	Id.....	344	16.42	8.14	4.86	48.10	1.86
II (terreno margoso).	Ninguno.	Verde.....	345	8.80	9.60	4.64	44.28	2.74
	30	Clorótico.....	346	13.38	7.99	4.74	38.62	2.28
	50	Id.....	347	14.36	6.95	4.04	42.61	2.20
III (terreno rico en humus).	Ninguno.	Verde.....	337	9.76	5.60	6.49	55.94	3.62
	30	Id.....	338	9.80	4.89	6.65	56.95	6.87
	50	Ligeramente clorótico.	339	11.10	4.73	6.28	29.37	3.02

COMPONENTES DE LA CENIZA DE LA MATERIA SECA DE LA PLANTA.

Experimento del cual se tomaron las muestras.	CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Ceniza libre de carbón.	Cal (CaO).	Magnesia (MgO).	Ácido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).	Nitrógeno (N).
	<i>Tanto por ciento.</i>			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
I (terreno arenoso).	Ninguno.	Verde.....	342	6.19	0.71	0.54	0.32	2.99	0.29	0.67
	30	Clorótico.....	343	6.43	.84	.46	.35	3.55	.27	.55
	50	Id.....	344	9.11	1.50	.74	.44	4.38	.17	.55
II (terreno margoso).	Ninguno.	Verde.....	345	5.93	.52	.57	.28	2.63	.16	.75
	30	Clorótico.....	346	6.08	.81	.49	.29	2.35	.14	.58
	50	Id.....	347	7.45	1.07	.52	.30	3.18	.16	.60
III (terreno rico en humus).	Ninguno.	Verde.....	337	6.76	.66	.38	.44	3.78	.21	.72
	30	Id.....	338	6.68	.65	.33	.44	3.83	.46	.67
	50	Ligeramente clorótico.	339	8.11	.90	.38	.51	2.38	.24	.69

Como se verá, la adición de carbonato de calcio á los terrenos arenosos y margosos que producen la clorosis, causa el efecto de aumentar el tanto por ciento de cal en las cenizas de la planta y de disminuir el tanto por ciento de hierro. El tanto por ciento de magnesia disminuye por lo general, aunque no con la misma regularidad, mientras que el ácido fosfórico no presenta ni aumento ni disminución. En el terreno rico en humus la adición de un 30 por ciento de carbonato de calcio no produjo efecto alguno en las cenizas de la planta, y debe recordarse que tampoco produjo efecto alguno en la producción de la clorosis. La adición de un 50 por ciento de carbonato de calcio á este terreno produjo, sin embargo, una ligera clorosis y afectó á las cenizas de la planta, del mismo modo, aunque en menor grado como también influyeron algunas pequeñas adiciones de carbonato de calcio en los terrenos arenosos y margosos.

En cuanto al tanto por ciento de los distintos constituyentes minerales en la sustancia desecada de la planta podrá verse que en todos los casos en que la clorosis se produjo, la adición de carbonato de calcio al terreno aumentó el tanto por ciento de la ceniza total de la planta, aumentó la cal, y disminuyó el nitrógeno. Entre las plantas verdes y las cloróticas no hubo diferencia regular en el tanto por ciento de ácido fosfórico, hierro, y magnesia, de las sustancias secas.

Estudiando estos análisis en sí, y por eliminación, aparece que la clorosis depende en cierto modo de la cantidad de calcio ó hierro en la ceniza ó de la cantidad de ceniza, calcio y nitrógeno en la sustancia seca.

En los plantíos en que las plantas cloróticas crecían en suelos calcáreos había siempre algunas plantas que conservaban su color verde por más tiempo que las otras. Estas plantas finalmente les dió clorosis, pero se creyó que quizás se encontrarían algunas diferencias marcadas entre las cenizas de las plantas que todavía no habían adquirido esa enfermedad y las cenizas de las que ya estaban cloróticas. En el cuadro que va á continuación se hallarán estos análisis comparativos. Los cuatro primeros son de plantas sembradas en terrenos que contenían 3.30 por ciento de carbonato de calcio. Los dos siguientes se refieren á plantas sembradas en terrenos que contienen un 79 por ciento de CaCO_3 , y los dos últimos á plantas sembradas en terrenos con un 33 por ciento de CaCO_3 . Los análisis deben ser comparados de dos en dos, pues en cada caso la planta considerada como tipo y la clorótica se cultivaron sujetas á las mismas condiciones.

Análisis de la ceniza de plantas verdes y cloróticas de terrenos calcáreos.

Descripción de la planta.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Análisis de la ceniza libre de carbón.				
			Cal (CaO).	Magnesia (MgO).	Acido fosfórico (P_2O_5).	Potasa (K_2O).	Hierro (Fe_2O_3).
			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Cabezona grande de 18 meses..	Verde.....	237	27.33	9.12	5.89	33.44	1.11
Id.....	Clorótico....	238	26.18	14.19	8.53	.....	.....
Cabezona pequeña de 18 meses	Verde.....	233a	23.16	6.70	8.54	43.72	.49
Id.....	Clorótico....	233d	24.00	10.35	5.66	29.65	.47
Española roja de 24 meses....	Verde.....	198	29.40	12.55	4.42	13.05	.....
Id.....	Clorótico....	195	29.45	9.83	3.45	19.78	.....
Española roja de 14 meses....	Verde.....	104	23.37	.....	4.93	35.45	.43
Id.....	Clorótico....	103	28.17	.....	3.46	33.64	.55

[Bull. 11]

Análisis de la ceniza de plantas verdes y cloróticas de terrenos calcáreos—Continuá.

Descripción de la planta.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Elementos constitutivos de la ceniza de la materia seca de la planta.						
			Ceniza libra de carbón.	Cal (CaO).	Mag-nesia (MgO).	Acido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).	Nitrógeno (N).
			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
Cabezona grande de 18 meses.	Verde....	237	6.00	1.64	0.55	0.35	2.01	0.07	0.90
Id.....	Clorótico.	238	5.33	1.40	.76	.45	.....	.....	.71
Cabezona pequeña de 18 meses.	Verde....	233a	5.81	1.35	.39	.50	2.54	.03	.76
Id.....	Clorótico.	233d	7.70	1.85	.80	.44	2.28	.04	.76
Española roja de 24 meses.	Verde....	196	6.28	1.85	.79	.28	.82	.....	.91
Id.....	Clorótico.	195	7.10	2.09	.70	.25	1.39	.....	.66
Española roja de 14 meses.	Verde....	104	6.56	1.53	.....	.32	2.33	.03	1.47
Id.....	Clorótico.	103	7.81	2.20	.....	.27	2.63	.04	.88

Podrá verse por este cuadro que no hay diferencia entre los análisis de las plantas verdes y las cloróticas de los cuatro casos. El nitrógeno contenido en las plantas verdes y las cloróticas es igual en un caso pero en los otros tres de este cuadro, así como en todos los demás análisis practicados, las plantas cloróticas contienen mucho menos nitrógeno que las plantas verdes correspondientes.

Considerando todos los análisis en conjunto se verá que las cenizas de estas plantas sembradas en suelos calcáreos difieren de las cenizas de las plantas sembradas en suelos no calcáreos, principalmente, en contener mayor cantidad de cal y menor cantidad de hierro.¹

Aunque no hubo diferencias entre las plantas verdes y las cloróticas indicadas en el cuadro, debe tenerse en cuenta que las plantas verdes eran excepcionales en cuanto á que resistieron la clorosis más tiempo que las plantas ordinarias, y también que, aunque estas plantas eran verdes, no se habían desarrollado normalmente y que á esta clase de plantas finalmente les dió clorosis (pág. 42).

Con el fin de observar si la mayor cantidad de cal en las cenizas es la única causa de la clorosis se hicieron análisis de plantas sembradas en suelos no calcáreos á los cuales se había agregado gran cantidad de cal. Las plantas se cultivaron en pequeñas parcelas de terreno de marga arcillosa á razón de 40 plantas por cada parcela. Á la parcela tomada como tipo de comparación no se le agregó cal alguna, á la segunda se le agregó cal á razón de 3,400 libras de óxido de calcio por cuerda en forma de cal quemada, y á la tercera la misma cantidad de calcio por cuerda, pero aplicada en forma de yeso con cal quemada. El desarrollo de las plantas en las parcelas de terreno que recibieron cal fué muy deficiente, pero ninguna de ellas dió

¹ Los análisis del cuadro en cuestión indican un tanto por ciento de cal mayor y de hierro menor que cualquiera de los análisis practicados por J. C. Brunnich. Queensland Dept. Agr. Rpt., 1903-4, p. 76.

muestra alguna de clorosis. Cuando se analizaron las plantas tenían 16 meses de sembradas. En el siguiente cuadro se presentan los análisis de las plantas de cada una de las tres parcelas de terreno.

Análisis de la ceniza de plantas cultivadas en terrenos no calcareos que recibieron grandes cantidades de cal.

Cantidad de cal por cuerda agregada al terreno.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Análisis de la ceniza libre de carbón.				
			Cal (CaO).	Magnesia (MgO).	Acido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).
Ninguna.....	Verde.....	268	<i>Tanto por ciento.</i> 12.00	<i>Tanto por ciento.</i> 19.40	<i>Tanto por ciento.</i> 5.96	<i>Tanto por ciento.</i> 53.04	<i>Tanto por ciento.</i> 7.36
3,400 libras de CaO de CaO quemada.	.....id.....	267	22.32	25.25	5.99	25.68	6.33
3,400 libras de CaO de CaO quemada y CaSO ₄.	.....id.....	266	27.60	20.79	6.53	27.33	2.82

Cantidad de cal por cuerda agregada al terreno.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Elementos constitutivos de la ceniza de la materia seca de la planta.						
			Ceniza libra de carbón.	Cal (CaO).	Magnesia (MgO).	Acido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).	Nitrógeno (N).
Ninguna.....	Verde.....	268	<i>Tanto por ciento.</i> 3.19	<i>Tanto por ciento.</i> 0.38	<i>Tanto por ciento.</i> 0.62	<i>Tanto por ciento.</i> 0.19	<i>Tanto por ciento.</i> 1.69	<i>Tanto por ciento.</i> 0.24	<i>Tanto por ciento.</i> 0.93
3,400 libras de CaO de CaO quemada.	.....id.....	267	2.78	.62	.70	.17	.71	.18	.79
3,400 libras de CaO de CaO quemada y CaSO ₄.	.....id.....	266	3.23	.89	.67	.21	.88	.09	.92

Se verá pues que las plantas cultivadas en los terrenos que recibieron cal contenían más cal en la ceniza y materia seca que la planta que sirvió de tipo de comparación y menos potasa y hierro. Aunque las plantas cultivadas en las parcelas de terreno á las que se agregó cal contienen mucho menos hierro que la planta que sirvió de tipo de comparación, no dejan de contener, sin embargo, mucho más hierro que las plantas indicadas en el precedente cuadro (pág. 42). Es casi idéntica la cantidad de nitrógeno contenido en todas las tres plantas.

Comparando los análisis del último cuadro con los del precedente se ve que las plantas verdes del último contienen tanta cal y tan poca potasa como las plantas cultivadas en condiciones productoras de clorosis, pero difieren en que contienen mucho más hierro.

Se hicieron también análisis de plantas cloróticas y de otras que habían adquirido la enfermedad pero que habían recobrado el color verde después de un tratamiento con sulfato de hierro. Estas plantas se cultivaron todas en suelos que contenían un 33 por ciento de carbonato de calcio y, antes de ser tratadas con el hierro, eran todas iguales en tamaño é igualmente cloróticas. Á los dos meses

de haber recobrado su verdor las plantas tratadas con sulfato de hierro fueron cortadas y analizadas.

Los resultados de los análisis se hallan en el cuadro que va á continuación. Los dos primeros análisis deben compararse entre sí, y los otros tres entre sí también, puesto que el tratamiento con el sulfato de hierro en estos dos casos se llevó á cabo en diferentes épocas.

Análisis de la ceniza de plantas cloróticas sometidas y no sometidas á tratamiento.

Tratamiento de las plantas.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Análisis de la ceniza libre de carbón.				
			Cal (CaO).	Mag-nesia (MgO).	Acido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).
			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
No tratadas.....	Clorótico.....	255	30.10	9.18	3.14	37.69	0.68
Frotadas con FeSO ₄	Verde.....	254	20.59	6.09	4.04	46.25	1.51
No tratadas.....	Clorótico.....	276	22.01	9.62	2.67	46.46	1.49
Frotadas con FeSO ₄	Verde.....	277	24.52	7.25	2.46	42.09	1.49
FeSO ₄ aplicado á las raíces.....	.....id.....	278	28.76	9.25	2.90	37.02	1.01

Tratamiento de las plantas.	Aspecto de las hojas.	Laboratorio No.	Elementos constitutivos de la ceniza de la materia seca de la planta.					
			Ceniza libra de carbón.	Cal (CaO).	Mag-nesia (MgO).	Acido fosfórico (P ₂ O ₅).	Potasa (K ₂ O).	Hierro (Fe ₂ O ₃).
			<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>	<i>Tanto por ciento.</i>
No tratadas.....	Clorótico.....	255	5.87	1.77	0.54	0.18	2.21	0.04
Frotadas con FeSO ₄	Verde.....	254	5.63	1.16	.34	.23	2.60	.09
No tratadas.....	Clorótico.....	276	6.09	1.34	.59	.16	2.25	.03
Frotadas con FeSO ₄	Verde.....	277	7.30	1.79	.53	.18	3.07	.11
FeSO ₄ aplicado á las raíces.....	.....id.....	278	6.89	2.10	.68	.21	2.55	.07

La ceniza de las plantas que recobraron el color verde por medio del sulfato de hierro difiere de la ceniza de las plantas cloróticas sólo en contener más hierro. Así, pues, á juzgar por este cuadro aparecería que la clorosis se produce sólo por la falta de hierro ó por la carencia de hierro en forma activa y que el poco contenido de potasa en las plantas cloróticas no es la causa sino el resultado.

Teniendo en cuenta los hechos derivados de los análisis de cenizas aparece que la clorosis se produce por una absorción mayor de cal y una menor de hierro. Es cierto que la absorción de una cantidad excesiva de cal no basta solamente para producir la clorosis. Es posible que al absorber la planta cantidad excesiva de cal necesite más hierro que en las condiciones ordinarias. Confirma esta apreciación la obra de Hiltner sobre altramuces.¹

No creemos que pueda sentarse esta conclusión con certeza por la consideración solamente de los precedentes análisis de cenizas. Si la

¹ Citado anteriormente.

clorosis es el resultado del efecto combinado de exceso de cal y carencia de hierro en la planta, es de presumirse que debería existir en las cenizas proporción definida de cal y hierro productora de la clorosis. Pero en los análisis que acaban de exponerse no aparece tal proporción.

Nos parece necesario que para confirmar lo dicho es preciso analizar otras especies de plantas que han adquirido la clorosis en suelos calcáreos, y esta obra se está llevando ahora á cabo.

Es probable que sea el resultado y no la causa de la clorosis la menor cantidad de nitrógeno contenido en las plantas cloróticas. Difícilmente se ve obstaculizada la absorción del nitrógeno en los suelos calcáreos, y en todos los experimentos recibieron las plantas cantidad liberal de nitrógeno fácilmente asimilable. De modo análogo aparece que la menor cantidad de potasa hallada en algunas de las plantas cloróticas indicadas en el cuadro de la página 35 no es más que el resultado de la condición clorótica. En este cuadro se verá que algunas plantas cloróticas contienen el 38 por ciento, 48 por ciento y 55 por ciento de potasa en las cenizas, cantidades mucho mayores que las que contienen muchas plantas sanas. Estos análisis tienden á refutar la opinión sostenida por Sorauer¹ y otros que afirman que la clorosis en los terrenos calcáreos se debe á la falta de potasa asimilable.

ENZIMOS EN LA HOJAS VERDES Y CLORÓTICAS.

Woods ha demostrado² que bajo ciertas condiciones patológicas de varias plantas, como en la enfermedad mosaica del tabaco, la clorosis parece ser causada por la presencia de una cantidad excesiva de enzimos oxidantes, oxidasas y peroxidasas, en las hojas. Se llevaron á cabo ensayos con el fin de determinar si la clorosis en las piñas se debía á semejante aumento en los enzimos ó este aumento acompañaba á la enfermedad. Para este objeto se comparó la cantidad de oxidasas y peroxidasas en las hojas normales verdes con las de las hojas cloróticas.

El método adoptado en la comparación de las diferentes cantidades de enzimos fué el siguiente: En todos los casos cantidades iguales (generalmente 10 gramos) de hojas frescas se trituraron con arena y agua de cloroformo en un mortero de porcelana. Á la solución y hojas maceradas se les agregó agua destilada hasta completar 500 centímetros cúbicos y después de dejar esta mezcla en reposo durante 15 horas se la hizo pasar por un filtro seco. El resultado de la filtración se usó en las pruebas de comparación; 1, 2, 4, 6, 8 y 10 centímetros de estas soluciones se pusieron en tubos de Nessler y se

¹ Citado anteriormente.

² A. F. Woods, *Centbl. Bakt. (etc.)*, 2. Abt., 5 (1889), No. 22, pp. 745-754.

agregó á cada tubo agua destilada hasta completar 10 centímetros cúbicos y cantidades iguales de peróxido de hidrógeno neutralizado y solución alcohólica al 2 por ciento de resina del guayaco recientemente preparada. Después de haber transcurrido 10, 15, ó 20 minutos se compararon los diferentes tubos en cuanto al colorido y á la cantidad de guayaco oxidado. Los tubos que presentaban igual colorido debían contener la misma cantidad de enzimas, puesto que todas las variables que podían afectar la relación entre los enzimas y el guayaco eran fijas. En todos los casos la cantidad de peróxido y de guayaco, el volumen de la solución, la temperatura y el tiempo empleado en la reacción eran iguales. Por lo tanto, si un tubo en el cual se han colocado 2 centímetros cúbicos de extracto de hojas, presenta el mismo colorido que otro que contiene 4 centímetros cúbicos de un segundo extracto de hojas, es evidente que los dos tubos contienen la misma cantidad de enzimas y que la primera hoja contiene, desde luego, dos veces más enzimas que la segunda.

No existe método cuantitativo exacto para la determinación de la cantidad absoluta de enzimas, pero el método anterior da las cantidades comparativas con suficiente exactitud para indicar las diferencias importantes.

Primeramente se hicieron ensayos tomando muestras de diferentes hojas y partes de hojas de la misma planta con el fin de comprobar la magnitud del error en cuanto á la toma de muestras. Se pudo notar que dos muestras tomadas de puntos inmediatos en la misma hoja, ó en la misma posición relativa en hojas de la misma edad, produjeron los mismos resultados. También muestras de hojas situadas igualmente en plantas diferentes de la misma edad dieron idénticos resultados. Las muestras tomadas de hojas muy viejas diferían, sin embargo, de las de hojas muy tiernas. Una muestra tomada en la base de una hoja diferió muy ligeramente de otra tomada en el extremo opuesto. Así pues, en todas las pruebas siguientes se tuvo cuidado de tomar las muestras de puntos situados en la misma posición relativa en hojas de la misma edad.

Las pruebas preliminares dieron á conocer que la cantidad de oxidasas en las hojas de piña es muy pequeña comparada con la cantidad de peroxidasas,¹ y que la cantidad de oxidasas varia en la misma proporción que la de peroxidasas. Por lo tanto, no se hicieron pruebas más que para las peróxidasas.

¹ Reciben el nombre de oxidasas en este estudio los enzimas que producen un color azul en una solución alcohólica de guayaco sin adición de peróxido de hidrógeno, y por peroxidasas los enzimas que requieren peróxido de hidrógeno para producir la reacción del guayaco.

Según Bach y Chodat y Moore y Whitley puede que no se nos presente aquí más que un enzimo, peroxidasa; debiéndose á él la presencia del color azul en la solución de guayaco sin peróxido de hidrógeno á una peróxidasa más un peróxido orgánico.

Las hojas de las plantas que crecieron en tiestos en el experimento descrito en la página 25 fueron sometidas á prueba para la determinación de las peroxidases.¹ Los resultados se presentan en el siguiente cuadro, en el cual la primera columna indica el terreno en el cual se cultivó la planta, la segunda la condición de las hojas en cuanto á clorosis y la tercera la cantidad de peroxidases. La cantidad de peroxidases en las hojas de la planta considerada como tipo de comparación se calcula en 10 unidades y las otras cantidades se expresan con referencia á este número.

Cantidad de peroxidasa en las plantas cloróticas cultivadas en terrenos que contienen diferentes tantos por ciento de carbonato de calcio.

CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Cantidad comparativa de peroxidasa.
<i>Tanto por ciento.</i>		
Ninguno.	Verde.....	10
5	Ligeramente clorótico.....	7.5
10	...id.....	10
13	Clorótico.....	8.3
17	...id.....	5

Las hojas de las plantas cultivadas en tiestos en los Experimentos I, II, y IV (véase págs. 27-30) fueron sometidas también á prueba para determinar las peroxidases. En estos casos se tomaron hojas de dos plantas tipos, una de la mayor y otra de la menor de las cinco que se habían cultivado. En el cuadro que va á continuación se verán los resultados preparados en la misma forma que en el cuadro anterior:

Cantidad de peroxidasa en plantas cloróticas cultivadas en terrenos que contienen diferentes tantos por ciento de carbonato de calcio.

Plantas del Experimento I.			Plantas del Experimento II.			Plantas del Experimento III.		
CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Cantidad comparativa de peroxidasa.	CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Cantidad comparativa de peroxidasa.	CaCO ₃ en el terreno.	Aspecto de las hojas.	Cantidad comparativa de peroxidasa.
<i>Tanto por ciento.</i>			<i>Tanto por ciento.</i>			<i>Tanto por ciento.</i>		
Ninguno.	Verde.....	10	Ninguno.	Verde.....	10	Ninguno.	Verde.....	10
id.....	...id.....	10	...id.....	...id.....	10	...id.....	...id.....	10
20	Clorótico..	2.5	20	Clorótico..	5	10	Clorótico..	6.6
30	...id.....	6.6	40	...id.....	8	30	...id.....	6
40	...id.....	3.7	50	...id.....	4.5	30	...id.....	7
50	...id.....	3						

¹ Se hicieron pruebas también para determinar la catalasa pero sólo pudo hallarse en las hojas cloróticas y verdes en cantidades muy pequeñas y casi iguales.

En el siguiente cuadro se indica la peroxidasa hallada en una planta clorótica y en dos plantas que lo estuvieron y habían recobrado su verdor gracias al tratamiento por el sulfato de hierro. Las plantas crecieron todas en un terreno arenoso que contenía un 34 por ciento de carbonato de calcio, y antes de ser tratadas por el sulfato de hierro estaban todas igualmente cloróticas. Podrá verse que, aunque una de las plantas tratadas por el hierro contiene mucho mayor cantidad de peroxidasa que la otra, ambas contienen más peroxidasa que la planta clorótica.

Cantidad de peroxidasa en plantas cloróticas con y sin tratamiento.

Tratamiento de las plantas.	Aspecto de las hojas.	Cantidad comparativa de peroxidasa.
No tratadas.....	Clorótico.....	3.3
Frotadas con FeSO_4	Verde.....	6.6
FeSO_4 aplicado á las raíces.....	Id.....	10

Estos resultados concuerdan en demostrar que las hojas verdes de las plantas de piña contienen mayor cantidad de peroxidasa que las hojas cloróticas. Parece, pues, que esta clorosis de las piñas que crecen en terrenos calcáreos es causada por una perturbación en la planta distinta de los casos explicados por Woods. Éste examinó hojas cloróticas de muchas plantas. Algunas de estas hojas amarillas habían sido agujereadas por áfidos. Fueron sujetas también á examen las porciones descoloridas de hojas veteadas, ecioladas, de tabaco afectadas de la enfermedad mosaica, y hojas de melocotoneros atacados de "amarillez" y de roseta, y se vió que contenían más enzimas oxidantes que las hojas de color verde normal. Aunque la clorosis ó falta de clorofila fué en todos los casos seguida de un aumento en los enzimas oxidantes, es evidente, considerando los resultados obtenidos con las piñas, que la clorosis de las hojas va en algunos casos seguida de una disminución de peroxidasa.

Teniendo en cuenta los otros trabajos sobre las hojas de piña es probable que esta deficiencia de los enzimas en las hojas cloróticas no tenga nada que ver con las clorosis sino que sea el resultado de la degeneración causada por el exceso de cal y la falta de hierro en la planta.

EFFECTO DE LA LUZ EN LA CLOROSIS.

Se observó en el terreno que las plantas que crecían en parte á la sombra presentaban clorosis menos intensa que las expuestas por completo al sol. Con el fin de ver si la clorosis podía disminuirse apelando á la sombra parcial se repitió el Experimento I (véase la pág. 27) en un invernadero bien sombreado.

[Bull. 11]

Las plantas del invernadero dieron señales de sufrir menos clorosis que las expuestas al aire libre. Los resultados de este experimento no pueden, sin embargo, llevarnos á una conclusión decisiva, puesto que las plantas en el invernadero no alcanzaron la mitad del desarrollo que las expuestas al intemperie. En vista de que la intensidad de la clorosis depende, más ó menos, según se ha visto, del desarrollo alcanzado, en este caso el menor grado de clorosis se debió, sin duda, al poco desarrollo de las plantas.

Se vió, sin embargo, que las plantas que habían adquirido intensa clorosis y cuyo desarrollo ya hacía tiempo se había paralizado, adquirieron mayor verdor al ser colocadas á la sombra por una ó dos semanas; pero cuando se expusieron de nuevo á la plena luz solar dieron muestras de la clorosis primitiva á los pocos días.

La explicación de estos fenómenos es obvia. Se ha demostrado que hay una continua formación y destrucción de clorofila en la planta.¹ La luz intensa del sol produce la destrucción de la clorofila y ésta aumenta con la intensidad de la luz. En la clorosis de las piñas en terrenos calcáreos la planta no puede formar la clorofila con la misma rapidez con la que ésta es destruída por la luz. Cuando la planta se halla parcialmente á la sombra, sin embargo, ambas acciones se hallan contrapesadas; la clorofila es destruída con menos rapidez, aunque se forme con la misma rapidez que á la luz solar, y por lo tanto las plantas se vuelven más verdes.

El no haber tantas plantas cloróticas en los sitios sombreados de campos afectados de clorosis es, pues, debido á que el desarrollo de las plantas ha sido menos rápido al principio que en las demás plantas, y también á que la clorofila es destruída con menos rapidez que en las plantas que crecen á la sombra.

CONCLUSIONES QUE SE DERIVAN DE LAS INVESTIGACIONES ACERCA DE LA CLOROSIS.

Al decidir cual es la causa primaria de no tener éxito la siembra de piñas en terrenos calcáreos y de la aparición de la clorosis, debe tenerse en cuenta que la clorosis no es una enfermedad específica sino sólo una manifestación externa que sigue á ciertas perturbaciones fisiológicas de la planta. Las plantas que sufren á causa de insuficiente drenaje y se hallan atacadas de enfermedades producidas por bacterias, y ciertas plantas que crecen en terrenos calcáreos, todas dan señales de clorosis. Debe tenerse también en cuenta que una perturbación en la vida fisiológica de la planta acarreará otra

¹H. Euler. *Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie*. Braunschweig, 1908, pt. 1, p. 193; F. Czapek, *Biochemie der Pflanzen*. Jena, 1905, Vol. 1, pp. 452, 453, 468; H. Molisch, *Ber. Deut. Bot. Gesell.*, 20 (1902), pp. 442-448. Molisch halló que las hojas del áloe que se volvían oscuras expuestas á la acción directa de la luz solar, tornábanse de nuevo verdes cuando se colocaban á la sombra.

serie de perturbaciones que se consideran sólo como fenómenos que acompañan al principal.

En las investigaciones mencionadas se vió que las piñas, lo mismo que otras plantas cloróticas que crecen en terrenos calcáreos, recibieron grandes beneficios del tratamiento con las sales de hierro, las cuales vencieron los efectos de la clorosis y trajeron consigo un desarrollo normal.

No se ha hallado ningún otro tratamiento para curar la clorosis. Resulta, pues, que las plantas necesitan hierro y que no pueden extraerlo del terreno aun cuando haya un gran tanto por ciento de hierro en algunos suelos calcáreos. El hecho de que las soluciones de sulfato de hierro aplicadas al terreno no dieron resultado mientras que los cristales aplicados á las raíces ó las soluciones de hierro aplicadas á las porciones vegetativas de las plantas produjeron notable mejoría tan pronto como se verificó la absorción de la sustancia, son demostración palmaria de que el carbonato de calcio en el terreno reacciona con el hierro (formando carbonato de hierro) y disminuye la facilidad de absorción del hierro por las matas de piñas. El hecho de que todas las especies de plantas que crecen en terrenos calcáreos no sufren del mismo modo la falta de hierro, se debe á la distinta facilidad que tienen unas y otras para absorber esta sustancia. Es un hecho muy conocido que ciertas especies de plantas difieren unas de otras en su capacidad para absorber ácido fosfórico.

Los análisis de las cenizas confirman, de modo general, la presunción de que hay falta de hierro en las plantas cloróticas y que probablemente el aumento en la absorción de cal produce también la necesidad de absorber una cantidad creciente de hierro. La excesiva cantidad de calcio en la planta puede reducir á la inactividad la pequeña cantidad de hierro absorbido.¹ Dado el estado actual de nuestros conocimientos en cuanto á la nutrición mineral de las plantas, esta presunción no es, desde luego, más que puramente especulativa.

El hecho de que ni un suelo meramente alcalino, ni uno que contenga mucha cantidad de calcio asimilable, son productores de clorosis y que en cambio un terreno que al mismo tiempo que es alcalino contiene mucha cantidad de calcio asimilable (como por ejemplo los terrenos calcáreos) produce dicha enfermedad, tiende á dar crédito á la hipótesis indicada. En un terreno alcalino que contiene carbonato de sodio habría depresión en la fuerza asimilatriz del hierro, pero no absorción mayor de calcio. Las plantas que crecen en terreno que contiene yeso absorben una cantidad mayor de calcio, pero en esos terrenos no hay disminución en la facilidad de ellos para absorber el hierro. Sin embargo, las plantas que crecen en terrenos que contienen carbonato de calcio absorben una cantidad muy grande de

¹ Véase también á Hiltner. Citado anteriormente.

cal y por hallarse el hierro en condiciones menos susceptibles de utilizarse absorben poca cantidad de esta sustancia.

El hecho de que las plantas cloróticas contengan menos nitrógeno y menos peroxidasa que las plantas verdes se debe probablemente á la perturbación que sufre la nutrición por el aumento de cal y disminución del hierro. La menor cantidad de nitrógeno y de enzimas oxidantes no son pues las causas primarias de la clorosis sino más bien los resultados de la degeneración producida por la falta del hierro. Esta opinión está decididamente confirmada en el trabajo precedente, por el hecho de que el tratamiento de las plantas cloróticas por medio del hierro aumentaba la cantidad de nitrógeno y peroxidasa.

Aunque se ha concedido muy poca atención á la necesidad de hierro que sienten las plantas, Molisch ¹ ha demostrado que existe el hierro en los órganos de la planta la mayor parte de las veces en combinaciones orgánicas, y que las semillas contienen hierro almacenado en los cuerpos globulares de los granos de aleurona. Aunque el hierro no es uno de los elementos que entran á formar la clorofila, parece que es necesario para formarla, puesto que las plantas que crecen en soluciones en que no hay hierro tórnanse cloróticas.

Parece, pues, que las piñas sembradas en terrenos calcáreos absorben una cantidad excesiva de cal y una cantidad insuficiente de hierro, que, como resultado de esto, se produce cierta incapacidad para la formación de la clorofila y á continuación se produce la degeneración de la planta, como se ve por la disminución en el contenido de peroxidasa, nitrógeno y, de vez en cuando, potasa.

RESUMEN.

Los experimentos en tiestos y el reconocimiento químico de los terrenos destinados á la siembra de piñas en Puerto Rico demuestran que el fracaso en la siembra de estas plantas por la aparición de la clorosis en ciertas porciones de terreno, se debe á una excesiva cantidad de carbonato de cal en el mismo.

Á los terrenos arenosos ordinarios un 2 por ciento de carbonato de calcio los incapacita para el cultivo de la piña; cantidades menores que la indicada parecen no causar daño.

Terrenos compuestos principalmente de materia orgánica pueden contener cerca del 40 por ciento de carbonato de calcio y producir, sin embargo, plantas vigorosas.

La siembra de piñas en terrenos calcáreos debe abandonarse, dedicándose el terreno á la siembra de plantas amantes de la cal.

En la curación de la clorosis no dieron resultado los abonos, pero el tratamiento de las hojas con soluciones de sales de hierro ó los cristales

¹ H. Molisch. Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena, 1892.

[Bull. 11]

de sulfato de hierro aplicados á las raíces, han producido buenos resultados y permitido un desarrollo normal. Este tratamiento no es recomendable desde el punto de vista comercial.

La clorosis no es producida por una enfermedad orgánica sino que es el resultado de una perturbación en la nutrición mineral de la planta causada por la índole caliza del terreno.

No es la mera alcalinidad de los terrenos calcáreos, ni la gran cantidad de cal asimilable la que causa la perturbación, sino la acción combinada de las dos propiedades.

La perturbación en la nutrición mineral de la planta, ó sea la causa primaria de la clorosis, parece ser la falta de hierro en la ceniza ó la pequeña cantidad de hierro en presencia de una gran cantidad de cal. El mero hecho de existir un gran tanto por ciento de cal en la ceniza no produce clorosis.

Las hojas cloróticas contienen menos nitrógeno y enzimas oxidantes que las hojas verdes, debido, quizás, á la degeneración producida por la falta de hierro.

La luz intensa produce un aumento en la clorosis, porque destruye más rápidamente lo clorofila.

GRATITUD.

La mayor parte del trabajo analítico detallado en este boletín ha sido hecho por el Sr. W. C. Taylor.

Se consignan las gracias más expresivas á los agricultores que tuvieron la bondad de enviarnos la tierra y plantas que necesitamos para este trabajo, y al Sr. Lucas Valdivieso por las 15 toneladas de piedra caliza que se utilizaron en los experimentos.

[Bull. 11]



